

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**  
**Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství**

**Výukový model malého krevního oběhu**  
**Educational model of small blood circulation**

2015

Bc. Tomáš Holinka

## Zadání diplomové práce

Student:

**Bc. Tomáš Holinka**

Studijní program:

N2649 Elektrotechnika

Studijní obor:

3901T009 Biomedicínské inženýrství

Téma:

Výukový model malého krevního oběhu  
Educational Model of Small Blood Circulation

Zásady pro vypracování:

1. Teoretický popis funkčnosti malého krevního oběhu, srdce a plic.
2. Analýza studentských znalostí principu krevního oběhu.
3. Návrh modelu malého krevního oběhu.
4. Realizace modelu malého krevního oběhu.
5. Zhodnocení dosažených výsledků práce.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] MERKUNOVÁ, Alena a Miroslav OREL. *Anatomie a fyziologie člověka: pro humanitní obory*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2008. 302 s. ISBN 978-80-247-1521-6.
- [2] REICHEL, Jiří. *Kapitoly metodologie sociálních výzkumů*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2009. 184 s. ISBN 978-80-247-3006-6.
- [3] CHLUMSKÝ, Jan. *Plicní funkce pro klinickou praxi*. Praha: Maxdorf, c2014. 228 s. ISBN 978-80-7345-392-3.
- [4] JIRÁK, Zdeněk. *Fyziologie pro bakalářské studium na ZSF OU*. 2., přeprac. vyd. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Zdravotně sociální fakulta, 2007. 249 s. ISBN 978-80-7368-234-7.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Zdeněk Macháček, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2014

Datum odevzdání: 07.05.2015

doc. Ing. Jiří Koziorek, Ph.D.  
vedoucí katedry



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.  
děkan fakulty

## Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně.

Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě dne: 7. 5. 2015

Podpis:  .....

Tomáš Holinka

## Poděkování

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Zdeňkovi Macháčkovi, Ph.D. za čas, připomínky, konzultace a pomoc během tvorby této práce.

Dále bych chtěl poděkovat Ing. Zdeňkovi Slaninovi, Ph.D. za odbornou pomoc během tvorby diplomové práce.

Také bych chtěl poděkovat Vysoké škole Báňské za poskytnutí laboratoří.

## Abstrakt

Cílem diplomové práce je vytvoření modelu malého krevního oběhu, který by mohl sloužit jako podpora při studiu principu malého krevního oběhu. Práce nejprve stručně pojednává o oběhové soustavě člověka a částech, kterou tato soustava tvoří. V textu je dále popsána anatomie a fyziologie srdce a dýchací soustavy. Následně autor zpracoval analýzu dostupných modelů orgánů a oběhových soustav na trhu. V práci jsou dále vyhodnoceny znalosti studentů prvního a druhého ročníku Vysoké školy báňské pomocí krátkého dotazníku vytvořeného samotným autorem. Další částí textu je návrh modelu malého krevního oběhu a jeho realizace. Popsány jsou jednotlivé komponenty a softwarová část modelu. Závěr je věnován zhodnocení dosažených výsledků práce.

## Klíčová slova

Malý krevní oběh, model, srdce, plíce, krevní oběh, čerpadlo, Lego, kostka EV3, simulace

## Abstract

The aim of this thesis is to create a model of small bloodstream, which could serve as an aid to studying the principle of small blood circulation. The work briefly discusses the circulatory system of humans and the parts that make up this system. It further describes the anatomy and physiology of the heart and respiratory system. Subsequently, the author compiled an analysis of available models of organs and circulation systems on the market. The paper also evaluated the students' knowledge of first and second year of the VSB using a short questionnaire created by the author himself. A portion of text is a draft model of small circulation and its implementation. Describes the individual components and the software part of the model. The conclusion is devoted to the evaluation of the results of work.

## Key words

Small blood circulation, model, heart, lungs, circulation pump, Lego, brick EV3, Simulation

## Seznam použitých symbolů a zkratek

A	Ampér
AD	Analogově digitální
CO <sub>2</sub>	Oxid uhličitý
EV3	Programovatelná kostka od Lega
I	Elektrický proud
KO	Krevní oběh
MKO	Malý krevní oběh
O <sub>2</sub>	Kyslík
PWM	Pulsně šířková modulace (pulse width modulation)
SA	Sinoatrální uzel
U	Napětí
V	Volt

## Seznam tabulek

Tab. 1: Přehled cen modelů.....	23
---------------------------------	----

# Seznam obrázků

Obr. 1: Oběhová soustava člověka. [8] .....	3
Obr. 2: Plicní (malý) oběh. [5] .....	4
Obr. 3: Oběhová soustava člověka, červenou barvou znázorněn oběh okysličené krve a modrou barvou žilní oběh. [9] .....	5
Obr. 4: Znázornění cest, kde srdce rozhání krev do malého a velkého krevního oběhu. [5] .....	6
Obr. 5: Vrstvy tvořící osrdečník a srdeční stěnu. [5] .....	7
Obr. 6: Anatomický řez srdcem. Řez v čelní rovině, lze vidět komory a jednotlivé chlopně. [5] .....	9
Obr. 7: Převodní systém srdeční. [10] .....	11
Obr. 8: Orgány dýchacího systému. Znázorněné části jsou součástí rozvodné zóny. Orgány nad hrtanem jsou označovány jako horní cesty dýchací. Hrtan a orgány uložené níže jsou označovány jako dolní cesty dýchací. [5] .....	14
Obr. 9: Pryskyřicový odlitek průdušek a příslušných plicních tepen. [7] .....	16
Obr. 10: Levá a pravá plíce se znázorněním průdušnice, průdušek a průduškami jednotlivých plicních laloků. [6] .....	16
Obr. 11: Pevné modely. Vlevo odnímatelný model srdce, uprostřed model malého oběhu, vpravo další pevný model srdce. Modely od firmy HELAGO. [11], [12], [13] .....	19
Obr. 12: Model respiračního systému. [14] .....	20
Obr. 13: Model lidské oběhové soustavy. [15] .....	20
Obr. 14: Manuálně funkční model oběhové soustavy. [16] .....	21
Obr. 15: Manuálně funkční model oběhové soustavy, jednodušší verze. [17] .....	21
Obr. 16: Funkční modely krevního oběhu. [18], [19] .....	22
Obr. 17: Další typy funkčních modelů. Vlevo model nefronu, vpravo model plic. [20], [21] .....	22
Obr. 18: Graf znázorňující celkový počet správných a špatných odpovědí. Na ose x je počet správných odpovědí, na ose y číslo otázky. ....	29
Obr. 19: Graf znázorňující procentuální zastoupení špatných a správných odpovědí. ....	30
Obr. 20: Procentuální zastoupení odpovědí u prvního a druhého ročníku (osa x). ....	30
Obr. 21: Procentuální zastoupení odpovědí u prvního ročníku u mužů a žen. První sloupec muži, druhý sloupec ženy. ....	31



Obr. 22: Procentuální zastoupení odpovědí u druhého ročníku u mužů a žen. První sloupec muži, druhý sloupec ženy.....	31
--	----

# Obsah

1	Úvod .....	1
2	Oběhová lidská soustava .....	2
2.1	Obecný popis krevního oběhu .....	2
2.1.1	Malý krevní oběh .....	3
2.1.2	Velký krevní oběh .....	4
3	Srdce .....	6
3.1.1	Anatomie srdce .....	7
3.1.2	Průtok krve srdcem .....	9
3.1.3	Srdeční chlopně .....	10
3.1.4	Srdeční skelet .....	10
3.1.5	Převodní systém srdce .....	10
3.1.6	Nervové zásobení .....	11
3.1.7	Cévní zásobení srdce .....	12
4	Dýchací soustava .....	13
4.1	Respirační systém .....	13
4.2	Anatomie respiračního systému .....	13
4.2.1	Horní cesty dýchací .....	14
4.2.2	Dolní cesty dýchací .....	15
4.3	Dýchání .....	17
4.3.1	Mechanismus dýchání .....	17
4.3.2	Nádech .....	17
4.3.3	Výdech .....	17
4.3.4	Nervové řízení dýchání .....	18
4.3.5	Cévní a nervové zásobení plic .....	18
5	Analýza dostupných modelů orgánů na trhu .....	19
5.1	Soubor dostupných pevných modelů .....	19
5.2	Manuálně funkční modely .....	21
5.3	Funkční modely .....	22
5.3.1	Další typy funkčních modelů .....	22
5.4	Přehled cen modelů .....	23
6	Analýza studentských znalostí principu krevního oběhu .....	24
6.1	Účely dotazníku .....	24

6.2	Skladba dotazníku .....	24
6.3	Dotazník .....	25
6.4	Rozbor dotazníku .....	26
6.5	Analýza dotazníku .....	29
6.5.1	Sumarizační výsledky .....	29
6.5.2	Porovnávací výsledky .....	30
6.5.3	Zhodnocení výsledků analýzy .....	31
7	Návrh modelu krevního oběhu (neveřejná část) .....	33
8	Realizace modelu malého krevního oběhu (neveřejná část) .....	34
9	Zhodnocení dosažených výsledků práce (neveřejná část) .....	35
10	Závěr .....	36
11	Literatura .....	37
12	Obsah CD (neveřejná část) .....	40

# 1 Úvod

Modely jednotlivých orgánů a systémů lidského těla jsou nedílnou součástí studijních materiálů zdravotnických oborů. Tyto pomůcky mohou přispět ke zlepšení představivosti o anatomii daných orgánů, ale také fyziologických principů a dynamických souvislostí v těle člověka.

Nepostradatelnou úlohu však také hrají v oborech technických, konkrétně v biomedicínském inženýrství. Neboť absolvent biomedicínského inženýrství by měl pro své budoucí povolání mít nemalé základní znalosti z oblasti anatomie a fyziologie lidského těla.

Není však výjimkou, že studenti již zmíněných zdravotně-technických oborů mají ve znalostech z oblasti medicínských věd mezery. Pro technicky smýšlející lidi jsou mnohokrát modely různých orgánů velice přínosné k pochopení jednotlivých dějů probíhajících v těle člověka.

Na tyto výukové pomůcky jsou neustále kladeny velké nároky. Především tyto modely musí být zpracovány ve vysoké kvalitě tak, aby odpovídaly co nejvěrohodněji reálným procesům v lidském těle. Také musí být pro uživatele jednoduše ovladatelné a atraktivní.

Cílem této práce je na základě analýzy dostupných modelů malého krevního oběhu na trhu, navrhnout model, který by zábavnou formou seznámil uživatele o procesu cirkulace krve v lidském těle. Navrhovaný model by měl splňovat kritéria, mezi která patří jednoduchost, přehlednost a dobrá přemístitelnost.

Dalším cílem práce je na základě dotazníku provést jednoduchou analýzu znalostí principu krevního oběhu u studentů prvního a druhého ročníku Vysoké školy báňské.

Cílem této diplomové práce je následná realizace vytvořeného návrhu modelu malého krevního oběhu. Popis jednotlivých komponent modelu, způsob konstrukce modelu a popis veškerého programového vybavení.

## 2 Oběhová lidská soustava

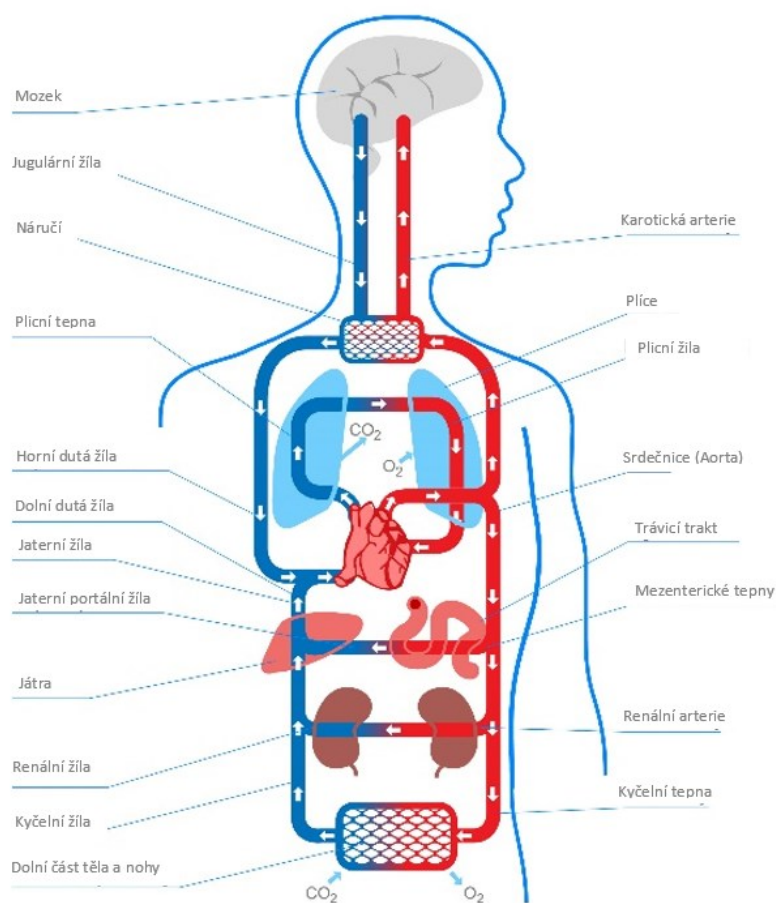
Hlavním úkolem oběhové soustavy je transport kyslíku do tkání a transport oxidu uhličitýho do plic. Také doprava produktů látkové výměny k ledvinám, rozvod tepla, které vzniká v játrech i svalech a transport hormonů. Krevní oběh tvoří cévy, které jsou systémem trubic. Cévy vedou krev ze srdce ke tkáním a zpět. Pohyb krve v cévách vpřed je poháněn srdeční pumpou. Ve velkém oběhu pomáhá i zpětné stažení arteriálních stěn v diastole, stlačení žil kosterními svaly při zátěži a také negativní tlak při vdechu. Odpor průtoku závisí především na průsvitu odporových cév a to především na průsvitu arteriol. V menší míře pak závisí na viskozitě krve. Lokálně je průtok krve tkáněmi regulován chemicky, celkově je regulován nervovými a hormonálními mechanismy. Ty vyvolávají buď dilataci (roztažení) nebo konstrikci (sevržení) cév. Veškerá krev protéká plicemi, ovšem systémová cirkulace je vytvářena řadou paralelních okruhů. [2]

### 2.1 Obecný popis krevního oběhu

Srdce si lze představit jako sériovou pumpu. Levá komora vydává okysličenou krev od tepen, tepének až kapilár. V kapilárách, kam proudí krev, probíhá mezi krví a mezibuněčnou membránou látková výměna. Krev se z tkání dostává pomocí tenkých žil do velkých žil, které ústí do pravé síně a uzavírají tak velký krevní oběh. Krev z pravé síně ústí do levé komory, z níž se dál dostává plicní tepnou do plic. V plicích se krev nasytí kyslíkem a odevzdává zde oxid uhličitý. Okysličená krev putuje z plicního řečiště plicními žilami do levé síně. Uvnitř cévního řečiště se nachází zhruba 85 % celkového objemu krve. [2], [5]

Cévní řečiště se dělí na část distribuční, která zaujímá přibližně jednu třetinu cévního řečiště a tvoří ji tepenný systém velkého oběhu. Žíly velkého oběhu tvoří kapacitní řečiště a jsou v nich depnovány dvě třetiny krve. Tepenné řečiště je systémem vysokotlakým oproti žilnímu řečišti, které je nízkotlakým systémem. Tok krve se řídí podle aktuální potřeby pomocí konstrikce a dilatace arteriol. Během tělesné námahy se odkrví ledviny i vnitřní orgány a převážná část okysličené krve směřuje do pracujících svalů. Oteplování a ochlazování kůže řídí tepénky v kůži. [2], [5]

Na Obr. 1 je znázorněná oběhová soustava člověka. Je patrná část arteriální, zaznačená červenou barvou a žilní část, která je zobrazena modrou barvou. Také jsou zde patrné jednotlivé orgány, které jsou zapojeny do krevního oběhu. Je zde také vidět malý a velký krevní oběh.



Obr. 1: Oběhová soustava člověka. [8]

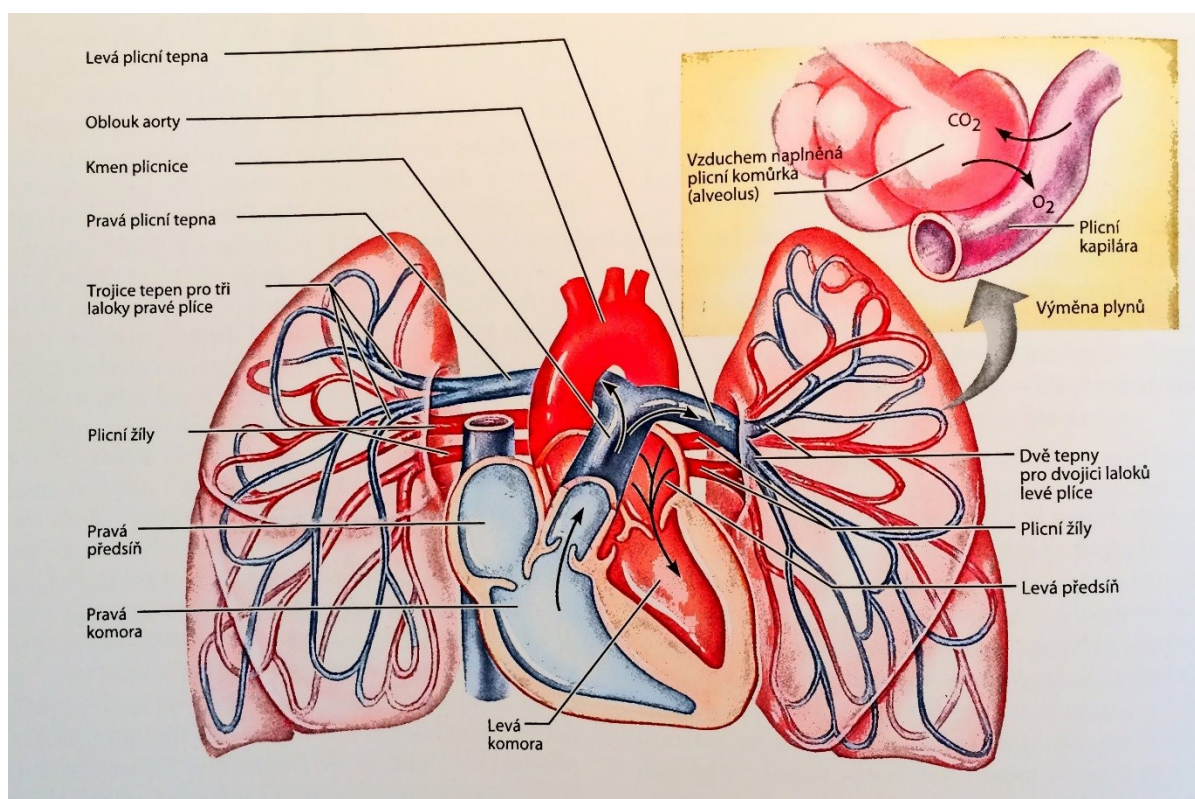
### 2.1.1 Malý krevní oběh

Za začátek plicního oběhu se považuje pravá komora, kde dochází k vypuzení odkysličené krve ze srdce do plicního kmene, který přivádí odkysličenou krev do plic. Tato velká tepna odstupuje z komory před aortou, po levé straně aorty se stáčí vzhůru a dosahuje oblouku aorty, kde se větví ve tvaru písmene T na pravou a levou plicní tepnu. Obě tyto tepny poté pronikají vnitřní plochou pravé a levé plíce a větví se na tepny směřující do jednotlivých plicních laloků. Pravá plíce je tvořena třemi laloky a levá plíce dvěma laloky. Souběžně s dělením průdušnic se uvnitř laloků tepny dále dělí. V průběhu dalšího a dalšího dělení se tepny stále zmenšují až na tepénky a kapiláry. Jednotlivé plicní komůrky (alveoly) obepínají síť kapilár. Na tomto místě probíhá vlastní výměna krevních plynů. Poté co se krev okyslíčí, je odváděna venulami do větších žil, které postupně splývají a tvoří horní a dolní plicní žílu, jež vystupují z vnitřní plochy každé plíce do mediastinu. Zde, za zadní plochou srdce, kde probíhá čtveřice žil vodorovně těsně pod plicními tepnami, krev ústí do levé předsíně. [2], [3], [5]

Srovnatelně velké cévy tělního oběhu mají obecně hrubší stěny, než tepny a žíly v plicním oběhu, kde jsou stěny tenčího charakteru. Je to zapříčiněno skutečností, že nejvyšší tlak v plicním oběhu činí pouze jednu šestinu systolického tlaku v cévách tělního oběhu. [2], [3], [5]

Na Obr. 2 je vykreslen plicní (malý) oběh. Kmen plicnice je rozdělen na pravou a levou plicní tepnu, které se dále dělí na jednotlivé tepny k plicním lalokům. Po průchodu kapilárním řečištěm, kde probíhá výměna krevních plynů, krev odtéká do plicních žil (dvojice žil pro každou plíci). Krev se pak

jimi vrací zpět do srdce. Modrou barvou jsou znázorněny plicní tepny, které obsahují odkysličenou krev. Červenou barvou jsou znázorněny, plicní žíly, které odvádějí okysličenou krev. [5]



Obr. 2: Plicní (malý) oběh. [5]

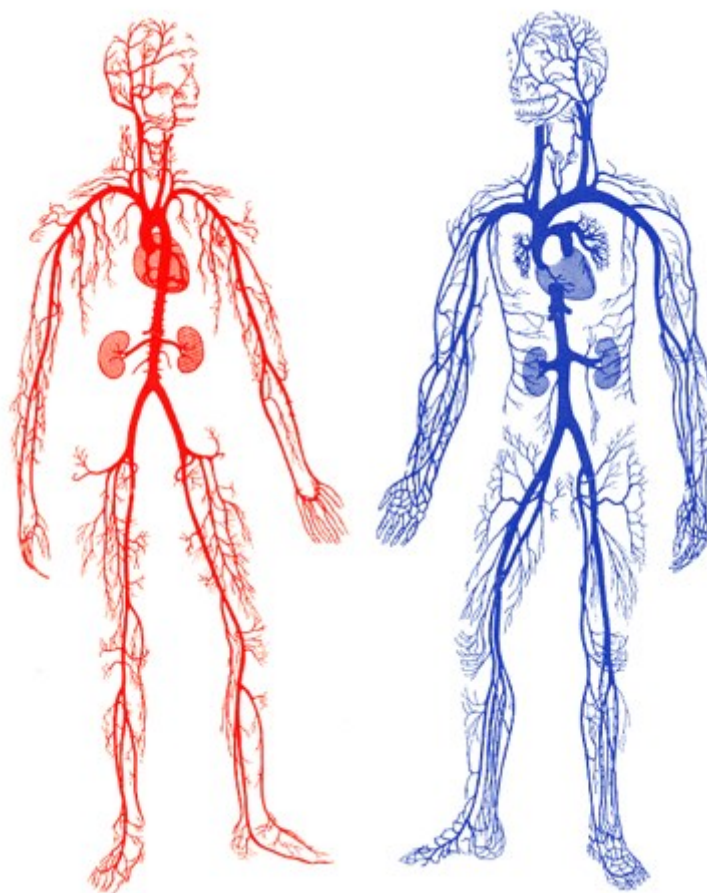
## 2.1.2 Velký krevní oběh

Tato část oběhu začíná v levé komoře, kde je okysličená krev vypuzena do aorty a odtud do tělních tepen a do celého organismu až ke kapilárním řečištím jednotlivých orgánů. Návrat odkysličené krve do pravé předsíně se děje pomocí žilního systému, který tvoří horní a dolní dutá žíla. Hlavním úkolem velkého krevního oběhu je výměna plynů mezi krví a tkáněmi. [2], [3], [5]

Tepny tělního oběhu rozvádějí okysličenou krev ze srdce do kapilárního řečiště jednotlivých orgánů v těle. Největší tepnou v těle je srdečnice (aorta). Po svém odstupu ze srdce se stáčí do oblouku a směřuje dolů podél těl obratlů do dolní části břišní dutiny, kde se dále dělí na dalších tepny, které vedou krev dále. Tepny odvádějí krev směrem ze srdce do periferie těla. [5]

Žilní systém tvoří jednotlivé žíly, které vrací krev zpět do srdce k okysličení. Žíly většinou probíhají v těle souběžně s tepnami. Několik rozdílů v uložení tepen a žil přece jen je. Mezi rozdíly patří především to, že z levé komory vystupuje pouze jedna tepna (aorta), do pravé předsíně ústí trojice velkých žil (horní, dolní dutá žíla a vřetový splav). Dále zatímco velké tepny a tepny střední velikosti bývají uloženy hlouběji, aby bylo zabráněno možnosti jejich poranění, mnoho žil se nachází přímo v podkoží (povrchové žíly) a nejsou provázány tepnami. Dalším rozdílem je to, že místo jedné velké žíly se často nachází více souběžně probíhajících žil. Tyto žilní svazky se nazývají žilními pleteněmi (plexy). Také ve dvou důležitých částech těla existuje neobvyklé upořádání žilní drenáže. Jedná se o mozkové žíly, kde se krev svádí do mozkových splavů a žilní systém trávicího ústrojí, kde krev

vstupuje do zvláštního pod systému krevního oběhu, vrátnicového systému. Na Obr. 3 jsou zobrazeny jednotlivé oběhové soustavy lidského těla. [5]



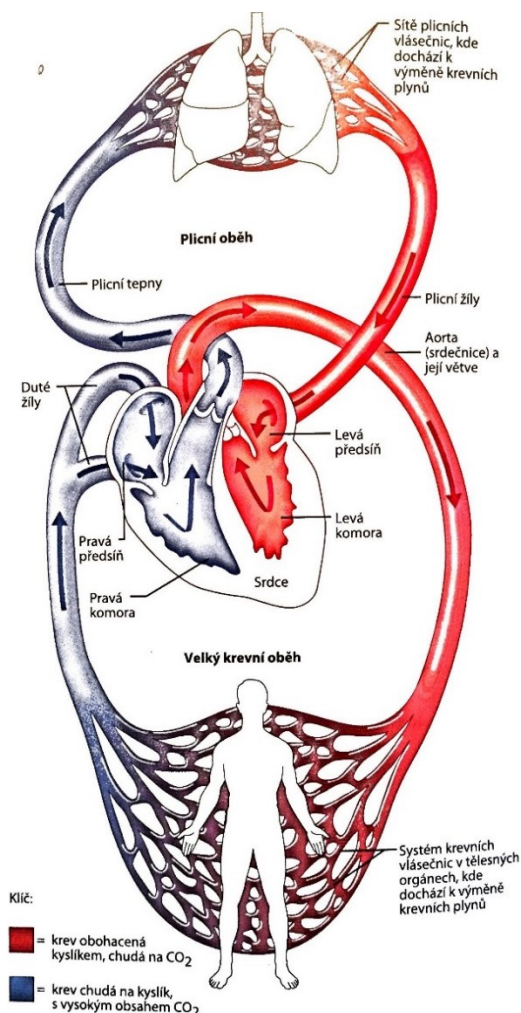
Obr. 3: Oběhová soustava člověka, červenou barvou znázorněn oběh okysličené krve a modrou barvou žilní oběh. [9]



### 3 Srdce

Jedná se o svalovou pumpu, která má dvě základní funkce. První funkcí je, že odkysličená krev přitéká z tělních orgánů do pravé části srdce a je odtud vháněna do plic, kde je krev obohacována kyslíkem a zbavována oxidu uhličitého. Druhou funkcí je, že se okysličená krev vrací do levé části srdce, a ta pumpuje tuto okysličenou krev do celého těla tak, aby zásobila jednotlivé tkáně kyslíkem a živinami. Cévy, které přivádějí krev do plic a odtud zpět do srdce tvoří malý (plicní) oběh. Cévy rozvádějící krev do celého těla a poté svádějící zpět k srdci vytvářejí velký (tělní) oběh. Srdce, tvoří dvě předsíně (atria), do níž vtéká krev z tělního i plicního oběhu. Dále je srdce tvořeno dvěma výkonnými komorami (ventriculus), které pumpují krev do obou oběhových systémů. [2], [5]

Na Obr. 4 jsou zobrazeny cesty, kterými srdce rozhání krev do malého i velkého krevního oběhu. Pravá polovina srdce se označuje jako pravé srdce, jež vhání krev do plic, aby se nasýtila kyslíkem. Jako levé srdce se pak označovává levá část srdce, která pumpuje okysličenou krev do tkání celého těla. [5]



Obr. 4: Znázornění cest, kde srdce rozhání krev do malého a velkého krevního oběhu. [5]

### 3.1.1 Anatomie srdce

Srdce je konického tvaru. Váží 250 až 350 gramů a je uloženo za hrudní kosti a chrupavkami žebér uvnitř hrudníku. [2], [5]

#### 3.1.1.1 Srdeční obaly

Osrdečník (perikard) je trojvrstvý vakem, který obaluje srdce. Zevní vrstva se nazývá vazivový osrdečník a je pevnou vrstvou hustého vaziva. V horní části vrůstá do kořenů velkých srdečních cév, na svém dolním konci naléhá na bránici. Tato vrstva plní funkci pevného zevního pláště, který udržuje srdce na svém místě a také zabraňuje jeho přeplnění krví. [5]

Mezi zevní vrstvou a vlastním srdcem se nachází dvojité vrstvy serózního osrdečníku. V horní oblasti vaku tento list plynule přechází ve viscerální (vnitřní) list serózního osrdečníku (epikard), který je uložen přímo na povrchu srdce a je již považován za součást srdeční stěny. Svým zevním nástěnným neboli parietálním listem je spojena s vnitřní plochou vazivového perikardu. Mezi parietálním a viscerálním listem je štěrbinovitý prostor, který se nazývá osrdečnická dutina. V této dutině je určité množství vazké kapaliny snižující tření mezi tepajícím srdcem a zevní vrstvou osrdečnickového vaku. [5]

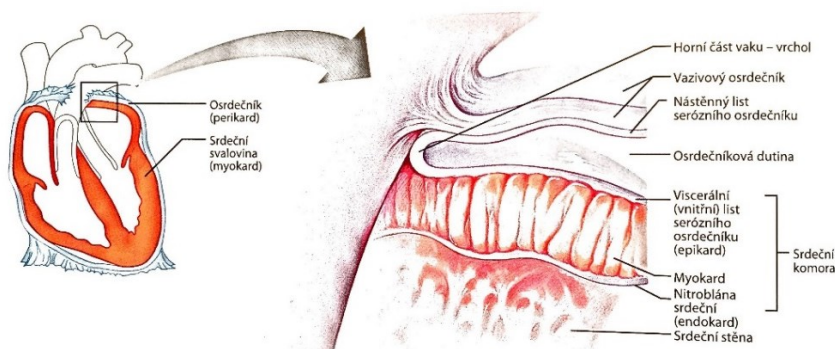
#### 3.1.1.2 Vrstvy srdeční stěny

Stěna srdce je tvořena třemi vrstvami. Jedná se o povrchovou vrstvu epikard, prostřední vrstvu myokard (srdeční svalovina) a vnitřní vrstvu endokard (srdeční nitroblána). Tyto vrstvy mají velmi bohaté cévní zásobení. [5]

Epikard je tedy vnitřní list serózního osrdečníku. Bývá prorostlý tukem, především u starších lidí. [5]

Myokard neboli srdeční sval tvoří hlavní objem srdce. Tvoří ho srdeční svalovina, která je schopná se stahovat. Svalové snopce jsou dlouhé, cirkulárně a spirálovitě orientované sítě vláken svaloviny myokardu. Směrem dolů skrze síně a směrem nahoru napříč komorami směřuje krevní proud uvnitř srdce. [5]

Endokard neboli nitroblána srdeční, je tvořen endoteliální výstelkou prodlouženou tenkou vrstvou pojivové tkáně. Všechny srdeční dutiny tato nitroblána vystýlá. Jeho zřasení (duplikatury) tvoří cípy srdečních chlopní. Jednotlivé vrstvy tvořící osrdečník jsou na Obr. 5. [5]



Obr. 5: Vrstvy tvořící osrdečník a srdeční stěnu. [5]

### 3.1.1.3 Srdeční oddíly

Uvnitř srdce rozeznáváme čtyři dutiny. Výše se nachází pravá a levá síň, níže je uložena pravá a levá komora. Srdeční prostory jsou zevnitř rozděleny podélnou přepážkou. Buď předsíňovým, nebo mezikomorovým septem, podle toho, které srdeční oddíly rozděluje. Hranice srdečních oddílů jsou zevně vyznačeny dvěma rýhami. Věňčitá rýha, která obkružuje srdce a vytváří tak jeho korunu. Zevně vyznačuje hranici mezi předsíněmi a komorami. Rýha podélná má části dvě. Přední mezikomorovou rýhu, která odpovídá přednímu okraji mezikomorové přepážky a zadní mezikomorová rýha, která odděluje obě srdeční komory zezdola. Na Obr. 6 je znázorněn anatomický řez srdcem. [5]

#### 3.1.1.3.1 Pravá předsíň

Pravá předsíň (atrium dextrum) přijímá vracející se odkysličenou krev k srdci z velkého oběhu. Krev je přiváděna třemi žilami. Horní a dolní dutou žilou a koronárním sinem (věňčítým splavem).

Na pravé předsíni je zevně zvláštní pravé ouško, malý lalůček ve tvaru psiho ouška. [5]

#### 3.1.1.3.2 Pravá komora

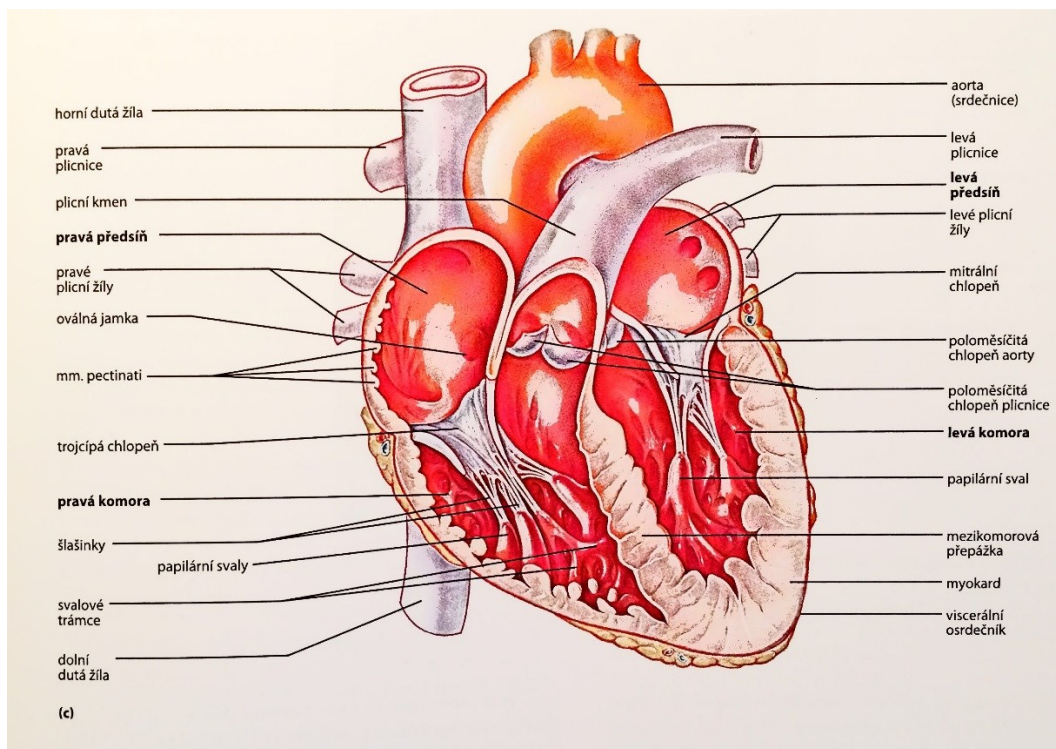
Z pravé síně proudí krev do pravé komory (ventriculus dx). Komora následně odkysličenou krev vhání do plicnice (truncus pulmonaris), velké tepny, která odvádí krev do plic. Pravá komora při pohledu zevně tvoří převážnou část přední plochy srdečního povrchu. Hřebenovité svalové trámce se nachází uvnitř na stěně této komory. Ze stěn do nitra komorové dutiny vyrůstají bradavčité papilární svaly. Tenké a pevné šlašinky spojují papilární svaly s cípy trojcípé chlopně. V oblasti přechodu mezi pravou komorou a plicnicí se nachází chlopeň plicnice neboli poloměsíčitá chlopeň. [5]

#### 3.1.1.3.3 Levá předsíň

Levá předsíň (atrium sin.) je tvořena větší částí povrchu srdeční báze. Dvě pravé a dvě levé plicní žíly přivádí okysličenou krev z plic do této předsíně. Viditelnou částí předsíně při pohledu zepředu je její trojúhelníkovité levé ouško, jedná se o jedinou viditelnou část. Povrch většiny vnitřní stěny síně je hladký. Pouze stěnu ouška ohraničují hřebenovité svalové linie. Mitrální chlopeň se nalézá v ústí levé předsíně do levé komory. [5]

#### 3.1.1.3.4 Levá komora

Levá komora (ventriculus sinister) obsahuje srdeční hrot a dolní část srdečního povrchu. Levá komora vypuzuje krev do tělního oběhu. I zde podobně jako v pravé komoře nalézáme svalové trámce, papilární svaly, šlašinky a cípy mitrální (atrioventrikulární) chlopně. Nahoře levá komora ústí do aorty, kde se nachází poloměsíčitá chlopeň aorty. [5]



Obr. 6: Anatomický řez srdcem. Řez v čelní rovině, lze vidět komory a jednotlivé chlopně. [5]

### 3.1.2 Průtok krve srdcem

Než vstoupí krev do pravé předsiň, tak se z jednotlivých orgánů končetin a tkání, dostává do horní a dolní duté žíly. Krev, která pochází z horní části těla nad bránicí, vtéká do pravé předsiň horní dutou žílou. Krev, která se vrací z dolní části těla, vstupuje do srdce dolní dutou žílou. Do pravé předsiň ústí přímo krev z vlastní srdeční stěny, ta je nejdřív sbírána do věnčitého splavu. Vlastní tíha krve a stahy předsiň posouvají tok krve přes trojčípou chlopeč do pravé komory. Pravá komora se poté smrští a krev je následně hnána do plicnice a plicního oběhu k okysličení. Čtyřmi plicními žilami do levé předsiň a skrz mitrální chlopeč do levé komory se vrací krev obohacená kyslíkem. Krev je uvnitř srdce opět posouvána vlastní tíhou a smrštěním stěny předsiň. Po naplnění levé komory krví je pomocí stahu vypuzena přes aortální chlopeč do aorty (srdečnice) a jejích větví. Když krev předá v kapilárním řečišti živiny a tkáním kyslík, vrací se odkysličená krev žilním systémem zpět do pravé předsiň. Celý tento cyklus se neustále opakuje. [3], [5]

Dalo by se říci, že se obě předsiň smršťují současně a poté následuje současný stah obou komor. Srdečním rytmem je nazván sled jednotlivých síňových a komorových stahů. Srdce v klidovém režimu u průměrné osoby pracuje s frekvencí 70 až 80 tepů za minutu. Srdečnímu stahu se říká systola, během níž se krev vypudí. Fáze, kdy je srdce uvolněno a plní se krví je označeno jako diastola. Obě předsiň i komory se střídavě nacházejí v systole a diastole. [3], [5]

Stěna předsiň je mnohem tenčí než stěna komory. Příčinou je především to, že v předsiňích se krev dále posouvá především díky vlastní váze (gravitaci), než aktivní práci vlastního srdce. Stěna levé komory je zhruba třikrát tlustší než stěna pravé komory. Levá komora vykonává tlak pro velký oběh, kdežto pravá komora pro malý (plicní) oběh. Levá komora tedy vykonává větší tlakovou sílu. Je to z důvodu podstatnějšího rozsahu řečiště velkého oběhu a také z důvodu většího odporu kladeného

krevnímu průtoku. Dutina levé komory má kruhovitý tvar z důvodu této silné stěny. Dutina přilehlé pravé komory je zploštěna do poloměsíčitého tvaru. [3], [5]

### 3.1.3 Srdeční chlopně

Srdeční chlopně jsou párové orgány, které jsou umístěny mezi předsíněmi, komorami a v ústí velkých cév. Plní pomocnou funkci jednosměrného toku krve uvnitř srdce a velkých tepen. [5]

Každá chlopně má dva nebo tři cípy, což je zřasení nitroblány srdeční (endokardu) zesílené uprostřed tuhými vazivovými ploténkami. V oblasti spojující předsíň a příslušné komory se nachází síňokomorové (atrioventrikulární) chlopně. Pravá chlopně je trojcípá (trikuspidální) se třemi cípy. Levá chlopně je dvojčípá (bikuspidální), která má pouze dva cípy. Levá dvojčípá chlopně se také označuje jako mitrální. V místě přechodu ve velké tepny se nachází aortální a plicní (poloměsíčitá) chlopně. Obě trojcípé a mají poloměsíčitý tvar. [5]

Hlavní funkcí srdeční chlopně je jejich střídavé otevírání (při vtékání krve) a zavírání (při výtoku krve). Brání tak zpětnému toku krve, který by nastával v důsledku rozdílných krevních tlaků v jednotlivých oddílech srdce a ve velkých tepnách. Během stahu komor zabráňují návratu krve dvě síňokomorové chlopně. Ve chvíli, kdy jsou komory uvolněné (v diastole), visí tyto chlopně volně ze stropu komor, zatímco krev vtéká do předsíní a přes otevřené síňokomorové chlopně dovnitř do komor. Na počátku komorové kontrakce vzrůstající tlak krve tlačí okraje cípů chlopní k sobě a chlopně uzavírá. K zakotvení cípů v jejich uzavřené pozici a k zamezení zpětného návratu krve do předsíní slouží šlašinky a papilární svaly, které vrůstají do chlopní. [5]

Obě dvě poloměsíčité chlopně slouží k zabránění zpětnému toku krve z velkých tepen do komor. Během smrštění komor a zvýšení nitrokomorového tlaku zůstávají poloměsíčité chlopně otevřeny a jejich cípy jsou tlakem protékající krve přitisknuty ke stěně tepen. Ve fázi uvolnění po komorovém stahu, má krev snahu se vrátit zpět do srdečních komor. Svým tlakem vyplňuje cípy poloměsíčitých chlopní, a tak je uzavírá. [5]

### 3.1.4 Srdeční skelet

V oblasti mezi předsíněmi a komorami nalézáme srdeční skelet tvořený vazivem. Obepíná všechny čtyři srdeční chlopně. Je tvořen tuhým vazivem a má čtyři funkce. První funkcí je opora cípů srdečních chlopní. Druhou funkcí je zabránění přílišnému roztažení chlopněných otvorů při průtoku krve. Dále se na něj upínají snopce svalových vláken síní i komor a poslední funkcí je zabránění přímému šíření elektrických vzruchů z oblasti předsíní do komor. [5]

### 3.1.5 Převodní systém srdce

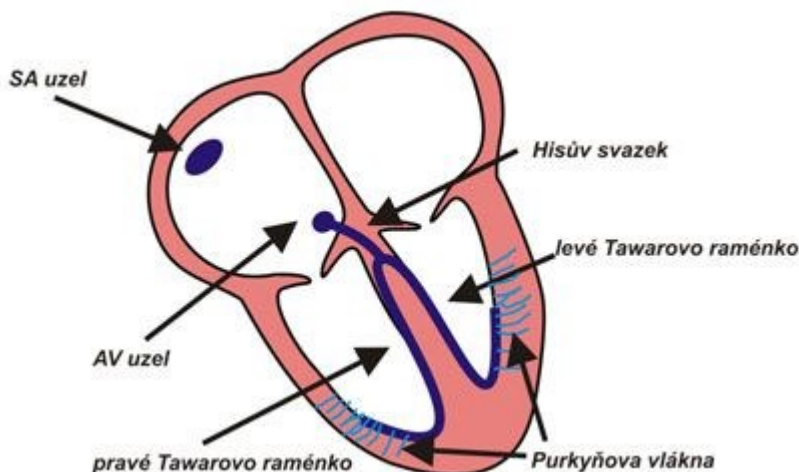
Svalové buňky srdce mají schopnost automatického vytváření a převádění vzruchu, jejichž působením se tyto buňky samy rytmicky stahují. Tato schopnost je vlastní srdeční svalovině a není na zevních nervových podnětech závislá. Platí to i pro případ, kdy dojde k úplnému odpojení nervových spojů srdce s okolím. Srdce v tomto případě dále pokračuje v rytmické činnosti. Tuto skutečnost můžeme spatřit během chirurgické transplantace srdce. [5]

Převodní systém srdeční představuje skupiny specializovaných svalových buněk, které rozvádějí elektrické vzruchy po celé srdeční svalovině. Tyto buňky dávají podnět jednotlivým srdečním oddílům ke správně načasovanému stahu. Zahajují vlastní stahy a udávají tak základní srdeční rytmus.

Jednotlivé složky tohoto systému jsou tyto: sinoatriální uzel, internodální síňové spoje, atrioventrikulární uzel (síňokomorový uzel), Hisův atrioventrikulární (síňokomorový) svazek, pravé a levé převodní Tawarovo raménko a Purkyňova vlákna. [5]

V sinoatriálním uzlu (SA) vzniká vzruch, který podněcuje srdce ke stahu. Je to útvar poloměsíčitého tvaru složený ze svalových buněk, který je uložený ve stěně pravé předsíně přímo pod vstupem horní duté žíly. Tento uzel vytváří vzruchy o frekvenci 70 až 80 impulsů za minutu (základní srdeční rytmus). [5]

Ze sinoatriálního uzlu se impuls vlnovitě šíří podél vláken svaloviny síní do celé předsíně a podněcuje ji ke stahu. Cestou internodálních spojů postupuje část vzruchu do atrioventrikulárního uzlu (AV), který je uložen v dolní části síňové přepážky. Zde se vzruch na malý zlomek sekundy zdrží a poté pokračuje Hisovým svazkem v mezikomorové přepážce. Tento svazek se následně rozděluje a postupuje do pravého a levého převodního Tawarova raménka. V oblasti dolní části přepážky se raménka větví do Purkyňových vláken. Vzruch pak dosahuje srdečního hrotu a otáčí se vzhůru do svaloviny komor. Šíření vzruchu od hrotu vzhůru způsobuje stah komor směrem zezdola vzhůru, takže je krev z komor při stahu vytlačena nahoru do velkých tepen. Dokonalou náplň komor krví před stahem zajišťuje právě ono krátké zpoždění vzruchu v AV uzlu. Mezi předsíněmi a komorami se nachází vazivový skelet srdce, který není schopen vést vzruch, a proto zabraňuje nežádoucímu přestupu impulsů ze stěny síní přímo do komor. Vzruchy se dále tedy mohou šířit pouze atrioventrikulárním uzlem. Převodní systém srdeční je vyobrazen na Obr. 7. [5]



Obr. 7: Převodní systém srdeční. [10]

### 3.1.6 Nervové zásobení

Vlastní srdeční rytmus je určován aktivitou sinoatriálního uzlu, může být však pozměněn díky zevní kontrole nervového systému. Nervy srdce obsahují orgánová smyslová vlákna. Parasympatická vlákna, která zpomalují srdeční frekvenci a sympatická vlákna, která zrychlují srdeční frekvenci a zvyšují sílu srdečních stahů. [5]

Autonomní nervový systém je řízen srdečními centry v míšní retikulární formaci. V míše se nachází centrum zpomalující srdeční činnost, kardioinhibiční centrum a centrum zrychlující srdeční

činnost. Tyto centra jsou řízena vyššími mozkovými centry, uloženými v hypothalamu, šedé hmotě v okolí akveduktu, v amygdale a kůře insuly. [5]

### 3.1.7 Cévní zásobení srdce

I přesto, že je srdce naplněno krví, nedostačuje tato krevní náplň k vlastní výživě srdeční stěny. Stěna srdce je příliš silná, než aby byla dostatečně zásobená živinami, pronikajícími do ní pomocí prosté difuze. Srdce je zásobováno krví přiváděnou pravou a levou věnčitou (koronární) tepnou. Tyto tepny vystupují z kořene aorty a jsou uloženy v srdeční brázdě. Srdeční žíly pak odvádějí odkysličenou krev ze srdeční stěny do pravé předsíně. [5]



# 4 Dýchací soustava

## 4.1 Respirační systém

Primární funkcí respiračního systému je výměna dýchacích plynů. Jedná se především o výměnu kyslíku ( $O_2$ ) a oxidu uhličitého ( $CO_2$ ). Kyslík slouží k okysličení krve, z krve je pak uvolňován  $CO_2$ , který je vydechován. K výměně těchto plynů dochází na alveolokapilární membráně. [1]

Musí správně probíhat čtyři procesy, které se nazývají jako dýchání. První funkcí je plicní ventilace. Aby docházelo k trvalé výměně plynů uvnitř plicních alveolů (alveolárních váčků), musí vzduch naplňovat plíce a následně musí být z plic vytlačován. Všeobecně se tento proces nazývá jako dýchání neboli ventilace. Druhý proces je tzv. zevní dýchání (výměna plynů, respirace). Mezi krví a vzduchem uvnitř plicních alveolů musí probíhat výměna dýchacích plynů (vazba kyslíku a vylučování oxidu uhličitého). Třetím procesem je přenos dýchacích plynů. Mezi plícemi a tělními buňkami musí docházet k transportu kyslíku a oxidu uhličitého. Tento přenos je zajišťován funkcí kardiovaskulárního systému. Krev působí jako transportní tekutina. Čtvrtým procesem je vnitřní výměna plynů (vnitřní dýchání, respirace). Mezi krví a buňkami tělních tkání musí probíhat výměna dýchacích plynů prostřednictvím kapilárního systému velkého krevního oběhu. [1]

## 4.2 Anatomie respiračního systému

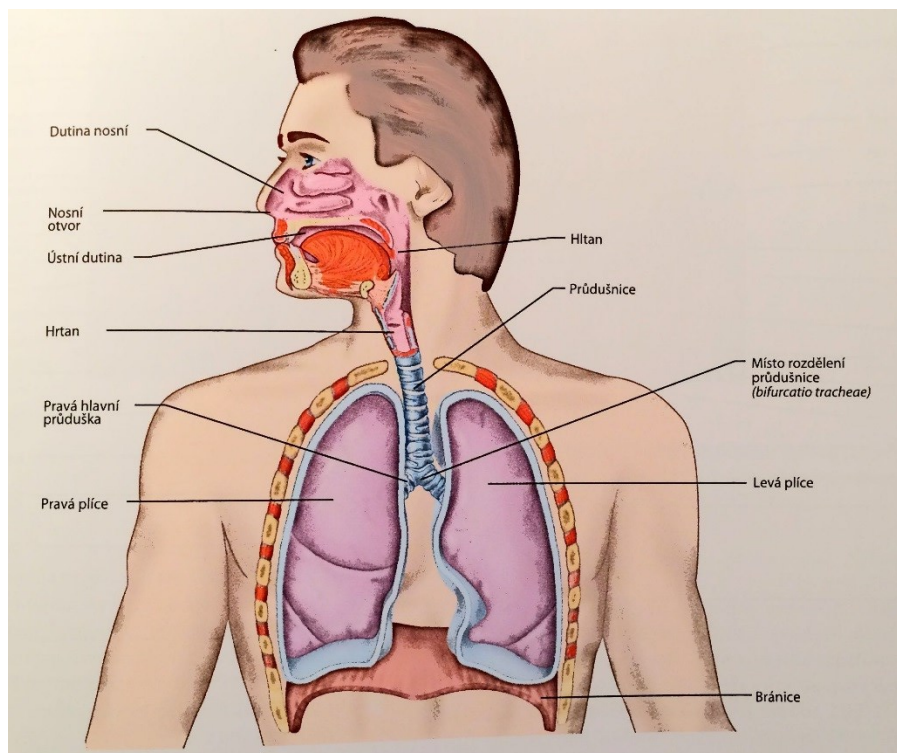
Mezi orgány dýchacího ústrojí patří nos, dutina nosní, vedlejší dutiny nosní, hrtan, hltan, průdušnice, průdušky, průdušinky, a dále plíce, které obsahují konečné (terminální) plicní alveoly. Z hlediska funkce, lze dýchací ústrojí rozdělit na část, v níž probíhá vlastní proces dýchání, a na oblast rozvodnou. [3], [4], [5]

Respirační zóna je místo vlastní výměny dýchacích plynů v plicích. Zahrnuje drobné struktury obsahující plicní alveoly. Jmenovitě to jsou průdušinky, alveolární chodbičky a plicní alveoly (alveolární váčky). [2]

Rozvodná zóna zahrnuje veškeré ostatní dýchací cesty, které slouží jako rozvodné tuhé trubice, které přivádějí vzduch do míst s probíhající výměnnou dýchacích plynů. V těchto oblastech také dochází k ohřívání, zvlhčování a čištění nadechovaného vzduchu. Vzduch je tedy při vstupu do plic teplejší, vlhčí a obsahuje méně prachu než vzduch v nosní dutině. [3], [4], [5]

Dýchací ústrojí se skládá z horních a dolních cest dýchacích. Na dýchací soustavu se napojuje čichové ústrojí. Na Obr. 8 jsou znázorněny jednotlivé části dýchacího systému. [2]





Obr. 8: Orgány dýchacího systému. Znázorněné části jsou součástí rozvodné zóny. Orgány nad hrtanem jsou označovány jako horní cesty dýchací. Hrtan a orgány uložené níže jsou označovány jako dolní cesty dýchací. [5]

## 4.2.1 Horní cesty dýchací

Skládají se z nosní dutiny, vedlejších dutin nosních, horních dvou třetin hltanu a hrtanové části hltanu (orofaryng). [2]

### 4.2.1.1 Nos a dutina nosní

Zevní nos je typickou částí lidského obličeje. Od kořene nosu se táhne hřeb nosu směrem dolů a je ukončen hrotem. Po stranách nosu se nachází nosní křídla. Spodní plocha má dvě nosní dírky. Kůže nosu je bohatě prokrvená a obsahuje četné mazové žlázy. [3], [4]

Dutina nosní má kostěné ohraničení a je rozdělená na dvě poloviny nosním septem. Z laterálních stěn odstupují tři skořepy nosní, mezi kterými jsou vytvořeny tři nosní průchody. V horní sliznici dutiny nosní se nachází čichové buňky, které vedou vzruchy do předního mozku. V dolní respirační oblasti je sliznice bohatě prokrvená a nachází se, zde sliznice krytá řasinkovým cylindrickým epitelem. [3], [4]

Primární funkcí horních cest dýchacích je zvlhčení a ohřátí nadechovaného vzduchu. Tomu napomáhá velké množství žlázek, které zvlhčují nadechovaný vzduch. Ohřátí inspirovaného vzduchu je zprostředkováno díky bohatému prokrvení sliznice. [3], [4]

Epitel horních dýchacích cest rovněž napomáhá k čištění vdechovaného vzduchu, zejména u velkých částic. [3], [4]

Funkcí nosu je čištění, oteplování a zvlhčování vdechovaného vzduchu, dále vytváří hlen a je rezonanční komorou při řeči. [1], [4]

#### 4.2.1.2 Hltan (pharynx)

Nálevkovitý orgán, spojující nosní dutiny a dutinu ústní v horní části s hrtanem a jícnem dole. Slouží jako společná dýchací i trávicí cesta a nalézá se v oblasti báze lebni a šestým krčním obratlem. Místně a funkčně se hltan od shora dolů dělí na nosohltan (nasopharynx), ústní a hrtanovou část hltanu (oropharynx). [3], [5]

### 4.2.2 Dolní cesty dýchací

Začínají hrtanem, který je přibližně 6 cm dlouhý a má tvar přesýpacích hodin. Je složen z nepárové chrupavky štítné, prstencové, příklopy hrtanové a z párových hlasivkových chrupavek. Chrupavky jsou spolu vzájemně propojené pomocí vazů a kloubů tak, aby tvořily pružný celek. Sliznice hrtanu je tvořená víceřadým cylindrickým řasinkovým epitelem. Hlasivkové vazy mají epitel mnohovrstevný dlaždicovitý. [3], [4]

#### 4.2.2.1 Hrtan (larynx)

Je uložen v úrovni čtvrtého až šestého krčního obratle. Nahoře je upnut k jazylce a přechází v laryngopharynx, v dolní části ústí do průdušnice. Hrtan je místem tvorby hlasu, dále je součástí dýchacích cest a je místem, kde se blokují buď trávicí, nebo dýchací cesty (tak, aby nedošlo k průniku potravy do dýchacích cest a vzduchu do trávicího systému). K tomuto účelu je vchod do hrtanu vybaven hrtanovou příklopkou. Ta se během polykání uzavírá a během dýchání otevírá. [5]

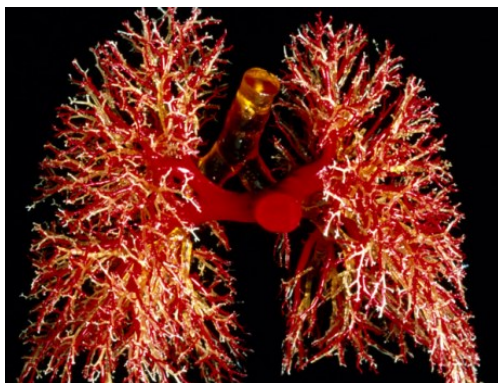
#### 4.2.2.2 Průdušnice (trachea)

Je dlouhá zhruba 12 cm. Je složena z chrupavek ve tvaru podkovy, doplněných vazivové – svalovou zadní stěnou. Těchto prstenců bývá 16 až 20. Jsou spolu vzájemně spojeny pružnou vazivovou membránou. Ve výši čtvrtého hrudního obratle se průdušnice dělí na dvě průdušky, které se zanořují do plicního hilu v plicích. [3], [4]

#### 4.2.2.3 Průdušky (bronchi)

V bronchiálním stromu jsou největšími průduškami systému dýchacích cest, levá a pravá hlavní průduška, uvnitř plic se nalézá jejich větvení. Hlavní dva bronchy odstupují z průdušnice v mezihrudí. Rozdvojení se nachází u živého člověka ve výši sedmého hrudního obratle. Oba hlavní bronchy pak odstupují zešikma a po průchodu mezihrudím vstupují do plicního hilu. Hlavní průdušky se nacházejí přímo za velkými plicními cévami, které zásobují plíce krví. Pravá průduška je širší a kratší, je zde větší pravděpodobnost uvíznutého cizího tělíska (kuliček, knoflíku) po náhodném vdechnutí. [5]

Uvnitř plic se hlavní průdušky dělí na průdušky pro jednotlivé laloky, tři pro pravou a dvě pro levou plíci. Sekundární bronchy se dělí na terciární (segmentární průdušky), které přivádí vzduch do jednotlivých oddílů plicních laloků. Ty se dále dělí na bronchy několikátého řádu. Celkově se dělí 23násobně. Pokud je jejich průměr menší jak 1mm, nazývají se průdušinky (bronchioly). Následují plicní alveoly, kde dochází k vlastní výměně plynů. Na Obr. 9 je pryskyřicový odlitek průdušek a plicních tepen. [5]

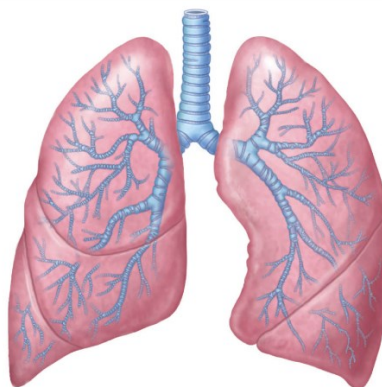


Obr. 9: Pryskyřicový odlitek průdušek a příslušných plicních tepen. [7]

#### 4.2.2.4 Plíce (pulmones)

Jedná se o párový orgán, který zajišťuje výměnu vzduchu mezi atmosférickým prostředím a krví. Během narození je barva plic u dítěte růžová, během života však u dospělého člověka dochází k černému mramorovanému zbarvení, což je způsobeno částicemi prachu. Hmotnost plic je v průměru od 400 až 600 g. Plíce se nachází v pohrudniční dutině. Povrch plíce je pokryt tenkou vazivovou blánou (orgánová pohrudnice). Hrudní dutina je vystlána blánou podobného vzhledu (nástěnná pohrudnice). Aby byl v průběhu dýchání posun obou pohrudnic bez většího tření, nachází se mezi těmito oběma listy pleury malé množství tekutiny. [3], [4]

Na vnitřních stranách plic se nachází místo pro vstup hlavního bronchu a větve plicnice do plíce, také se zde nachází výstupy dvou plicních žil. Místo, kde vstupují a vystupují velké cévy, hlavní průdušky, mízní cévy a nervy se nazývá hilus. Pravá plíce se od levé liší z důvodu umístění srdce. Levá plíce je o něco menší než pravá a má na svém povrchu srdeční impresi (vchlípenou část odpovídající uložení srdce). Levá plíce je hlubokými brázdami rozdělena na horní a dolní lalok, které odděluje mezilaloková šikmá rýha. Pravá plíce je rozdělena na horní, dolní a střední část, mezi kterými rozlišujeme šikmou a vodorovnou rýhu. Plíce jsou tvořeny zejména dýchacími cestami a vzduchovými komůrkami. Strukturu tkáně tvoří podpurná vazivová síť, která obsahuje určité množství elastických vláken. Plíce jsou lehké, měkké, poddajné a houbovitě konzistence. Poddajnost plic pomáhá snižovat námahu, spojenou s vlastním dýcháním. Na Obr. 10 je znázorněn plicní systém. [5]



Obr. 10: Levá a pravá plíce se znázorněním průdušnice, průdušek a průduškami jednotlivých plicních laloků. [6]

## 4.3 Dýchání

### 4.3.1 Mechanismus dýchání

Plicní ventilace neboli dýchání je proces, který je složen ze dvou částí. Z nádechu neboli inspirace, části dýchacího procesu, kdy dochází k proudění vzduchu do plic a z výdechu neboli expirace, kdy jsou plyny z plic vytlačovány. [5]

### 4.3.2 Nádech

Proces (inspiraci) lze popsat tak, že si dutinu hrudní představíme jako nádobu, která má schopnost vlastního rozpětí s jedním vchodem nahoře (trubicovitá průdušnice). Tato nádoba zvětšuje svůj objem rozpínáním jejích stěn všemi směry, současně během rozpínání uvnitř nádoby klesá tlak. Díky tomuto poklesu tlaku dochází k nasávání zevního atmosférického vzduchu, jelikož plyny vždy pronikají z prostorů s vysokým tlakem do míst s nižším tlakem. [5]

Během klidného běžného nádechu, jsou zapojeny svaly bránice a zevního mezižeberního svalstva do inspirace následujícím způsobem. Bránice, která je obloukovitě klenutá, se při stahu snižuje a oplošťuje. Výsledným stavem je zvětšený vertikální rozměr hrudní dutiny. Při stahu zevních mezižeberních svalů dochází ke zdvihu postavení žeber. V klidu žebra odstupují od páteře ve směru zevně a dolů. Zvýšením jejich postavení, dochází k nárůstu boční šíře hrudníku, ale i předozadnímu průměru hrudníku. I přesto, že se ve skutečnosti žebra posunují v uvedených směrech pouze o několik milimetrů, představují tyto změny v postavení žeber nárůst celkového objemu hrudníku o půl litru (takový objem vzduchu proniká do plic při klidovém nádechu). Během hlubokého nádechu se do činnosti zapojují další svaly a roste i objem hrudníku. Činností svalstva krku (skalenu a kývačů hlavy) a malým hrudním svalem se zvedá hrudní koš, navíc se rozšiřují záda, protože se vyrovnána hrudní zakřivení páteře stahem napřipomavačů páteře. [5]

### 4.3.3 Výdech

U zdravého člověka je klidný výdech pouze pasivním dějem. Dochází k ochabnutí svalů, které se zapojují při nádechu. Dochází také ke gravitačnímu poklesu hrudního koše, kdy se uvolněná bránice posouvá vzhůru. Zároveň množství elastických vláken uvnitř plic nabývá svého původního tvaru. Výsledkem těchto faktorů je současný pokles objemu hrudníku i plic, což vede ke zvýšení tlaku uvnitř plic a vytlačení vzduchu z plic. [5]

V případě usilovného výdechu se jedná o aktivní činnost, při níž dochází ke stahu svalstva břišní stěny, zejména šikmých a příčných břišních svalů. Tento stah zvyšuje tlak uvnitř dutiny břišní a dochází tak ke zvedání bránice. Také silně snižuje postavení žeber, a tedy i zmenšuje objem hrudníku. Poklesu hrudního koše svým stahem také napomáhají vnitřní mezižeberní svaly, široký sval zádový a čtvercový bederní sval. [5]

U zdravé plicí jsou alveoly stále vzdušné a nesmršťují se při výdechu. Může se zdát, že je to proti fyzikálním zákonům, protože je vnitřní povrch alveolů pokryt vrstvou vody a jejích molekuly mají vzájemnou soudržnost (povrchové napětí), takže by mohlo docházet ke smrštění plic po každém výdechu. Plicní kolaps však nenastává, protože vnitřní alveolární film obsahuje i plicní surfaktant.

Jsou to molekuly s detergentním účinkem vytvářené typem II alveolárních buněk, které narušují soudržnost molekul vody. Umožňují trvalé zavzdušnění alveolů a snižují jejich povrchové napětí. [5]

#### 4.3.4 Nervové řízení dýchaní

V retikulární formaci prodloužené míchy se nachází nejdůležitější dýchací centrum mozku. Je nazván jako pre-Borzingerův komplex neboli rostrální ventrolaterální mícha a udává základní dechový rytmus a frekvenci. Tato základní regulace může být ovlivněna vyššími mozkovými centry jako je limbický systém a hypothalamus. Jejich prostřednictvím je dýchání ovlivněno emocemi (dechová ná-maha se zvyšuje až do pocitu lapání po dechu). Dále reguluje dýchání mozková kůra. Činnost a hloubka našeho dýchání může být ovlivněna vědomě. [5]

Na dechovou frekvenci mají vliv i receptory, přijímají chemické signály z krve. Receptory jsou aktivovány klesajícím nasycením krve kyslíkem, zvýšenou úrovní koncentrace oxidu uhličitého nebo stopující kyselostí krve (snížení pH krve). Receptory poté stimulují dechová centra pro zvýšení hloubky dechu a frekvence. Tímto dojde k navrácení normálních hodnot krevních plynů. Chemoreceptory se mohou nacházet buď v míše a nazývají se jako centrální, nebo jsou periferní chemoreceptory, jež představují aortální tělíska v oblouku aorty a karotická tělíska v místě větvení společných krkavic. Cestou bloudivého nervu do míchy posílají své signály aortální tělíska. Karotická tělíska využívají vláken glossopharyngeálního nervu. [5]

#### 4.3.5 Cévní a nervové zásobení plic

Odkysličená krev je přiváděná z plicní tepny do plic, kde se sytí kyslíkem. Uvnitř plic se tepny dále větví souběžně s větvením bronchiálního stromu, tepna většinou probíhá za příslušnou průduškou. Z nejmenších plicních tepen vznikají kolem jednotlivých plicních alveolů kapilární plicní pleteně. Plicními žilami je následně okysličená krev odváděna do srdce, jejichž přítoky se většinou nacházejí před příslušnou průduškou. Některé žíly mohou probíhat uvnitř vazivových přepážek mezi laloky a mezi bronchopulmonálními segmenty. Průduškové tepny a žíly přivádějí krev z velkého krevního oběhu do plicní tkáně a poté ji odvádějí zpět. V oblasti plicního hilu vstupují a vystupují tyto malé cévy, uvnitř plic leží na větvích se průduškách. K inervaci plic dochází sympatickým, parasympatickým a viscerálním (orgánovým) nervstvem. Nervová vlákna vytvářejí plicní nervovou pletěň v plicní stopce. Průběh průdušek a krevních cév je sledován jednotlivými nervovými vlákny uvnitř plic. Parasympatická vlákna způsobují stah průdušek, sympatická vlákna je rozšiřují. [5]

## 5 Analýza dostupných modelů orgánů na trhu

Po prozkoumání trhu bylo zjištěno, že existují zhruba tři druhy modelů orgánů a jednotlivých tělních součástí. Existují pevné modely, které jsou anatomicky tvarované, ale nejsou nějakým způsobem aktivně funkční a neukazují princip práce daného orgánu. Jednotlivé části mohou být odnímatelné. Lze se tedy podívat do detailu modelu, různě model rozebrat apod. Některé mohou být velikostně přibližně velké jako klasický orgán. Některé jsou větší, aby šly vidět veškeré detaily. Bývají vyznačeny důležité jednotlivé partie daného orgánu. Například u srdce to jsou jednotlivé přepážky mezi před- a komorou, velikost a hrubost srdeční stěny atd.

Dále existují modely manuálně funkční. Jsou to modely, ve kterých se může nacházet tekutina. Většinou jsou modely složené z dutých plastových forem a hadiček. Pro cirkulaci tekutiny se používá ruční pumpička. Tekutina se do takových modelů může napouštět.

Také jsou více profesionální modely, kde je barevně rozlišen krevní oběh (okysličené, odkysličené krve). Nicméně se pumpuje také ručně. Na modelu jsou znázorněny lépe i orgány (plíce, srdce) a přechod v kapilárách.

Pak jsou modely, které jsou elektrické. Modely znázorňují pomocí blikání diod vyznačené cesty. Stěny srdce mohou být vyrobené z pružného materiálu. Otevírání a zavírání chlopní ukazují ventily. Existují i modely plic, nefronu apod. Například u modelu plic je cyklus nafukování a vyfukování jednotlivých plic. Vše je vytvořeno umělými materiály a zobrazují činnost jednotlivého orgánu.

### 5.1 Soubor dostupných pevných modelů

Pevné modely znázorňují anatomické tvarování daného orgánu. Mohou sloužit pro lepší představu, jak daný orgán vizuálně vypadá. Některé modely mohou být životní velikosti, některé zvětšené pro lepší zobrazení detailu. Mohou být umístěny na podstavci. Na Obr. 11 jsou znázorněny modely srdce. Jejich části jsou odnímatelné a jsou vidět detailně struktury tohoto orgánu.



Obr. 11: Pevné modely. Vlevo odnímatelný model srdce, uprostřed model malého oběhu, vpravo další pevný model srdce. Modely od firmy HELAGO. [11], [12], [13]

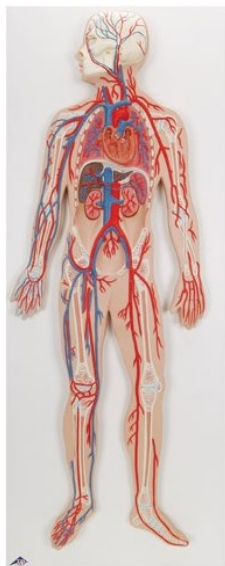
Existují také modely, které představují jiné orgány než srdce např. respirační část (plíce). Model na Obr. 12 znázorňuje bronchiální strom, hrtan a obě plíce. Také se zde nachází segmentální prů-

dušky, které jsou barevně odlišeny od ostatních orgánů modelu. Tento model byl vytvořen pomocí tomografické technologie. Replika celého modelu je v tomto případě autentická se skutečnými dýchacími orgány 40letého muže. Jednotlivé segmenty průdušek byly postaveny pomocí speciální počítačové metody. V bílé barvě je na modelu znázorněn hrtan, jazyka, hrtanová příklopka, lalokové průdušky a hlavní průdušky. Menší segmentální průdušky jsou barevně rozlišeny. Hrtan je v úrovni druhé tracheální chrupavky rozložitelný. Hrtanová příklopka je připevněna pružně. Plíce, které jsou na modelu průhledné lze oddělit. Na Obr. 12 je ukázka jednoho typu modelu respiračního systému.



Obr. 12: Model respiračního systému. [14]

Další model na Obr. 13 znázorňuje lidskou oběhovou soustavu. Replika znázorňuje spleť tepen a žil lidského těla. Tento reliéf kardiiovaskulární soustavy je zhotoven v poloviční velikosti oproti skutečné lidské oběhové soustavě. Existují však i modely, které jsou menší. Mohou být jiného barevného rozložení a velikosti.



Obr. 13: Model lidské oběhové soustavy. [15]



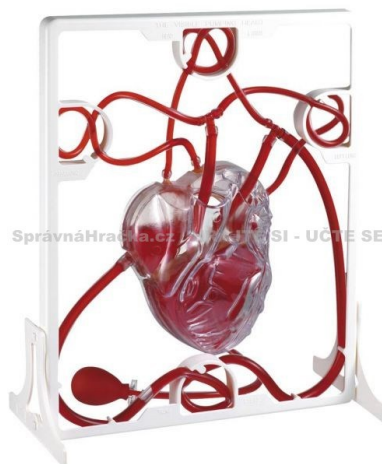
## 5.2 Manuálně funkční modely

Tyto modely představují nejen anatomický vzhled, který nemusí být přesný, jako je daný orgán, ale jsou zaměřené hlavně na funkčnost a princip jak daný orgán funguje. Na Obr. 14 je příklad modelu, který představuje, jak funguje srdce a oběhový systém. Jedná se o kompletní schématický model lidského oběhového systému s krví, která proudí přes průhledné žíly, tepny, vlásečnice a srdeční komory. Krev znázorňuje obarvená voda. Je zobrazena jak žilní krev (červenofialovou barvou), tak tepenná krev (světle červenou barvou). Lze tedy pozorovat okysličení a odkysličení krve při procházení vaskulárním systémem modelu. Tekutina se posunuje pomocí ručních pumpiček, které posunují tekutinu simulující krev v systému oběhu. Model je připevněn na podstavné desce s podpěrnými nohama a musí se tento systém naplnit tekutinou pomocí injekční stříkačky.



Obr. 14: Manuálně funkční model oběhové soustavy. [16]

Na Obr. 15 je další varianta modelu, která není tak názorná jako předcházející model. Je také cenově levnější. V tomto modelu krev protéká (tekutina) také. Opět se pumpuje ruční pumpou. Je zde demonstrován jak velký, tak malý krevní oběh. Není, zde barevné rozlišení a model není tolik přehledný.



Obr. 15: Manuálně funkční model oběhové soustavy, jednodušší verze. [17]



## 5.3 Funkční modely

Plně funkční modely jsou, takové, které danou funkci orgánu věrohodně simulují bez asistence obsluhujícího. Většinou se zapne některé z tlačítek a daný model pracuje. Na Obr. 16 je znázorněn model srdce a krevního oběhu. Je viditelný řez daného orgánu. Stěna srdce je vyrobena z pružného materiálu, které může simulovat, jak mechanicky bije. Ventily mohou zobrazovat, jak se dané komory otevírají a zavírají. Krevní oběh je zobrazen blikáním světla pomocí diod. Červeně blikající představují tepny, modrou barvou jsou znázorněny žíly. Pro funkčnost modelu je nutné napájení. Ovládání probíhá pomocí tlačítek, která jsou umístěna v dolní části. V modelu neprotéká žádná tekutina.



Obr. 16: Funkční modely krevního oběhu. [18], [19]

### 5.3.1 Další typy funkčních modelů

Existují další modely, které představují další orgány. Jako příklad jsou vybrané modely respiračního systému a odvádění moči. Model na Obr. 17 (vlevo) představuje nefron a dráhu moči. Znázorňuje reliéf struktury jednotky ledviny, a to jako nefron s kapilární cévní sítí. Lze pozorovat pomocí blikajících diod krevní oběh a tvorbu moči. Také glomerulární filtraci a tubulární reabsorpci.

Respirační model na Obr. 17 (vpravo) simuluje princip funkce plic. Model postupně pomocí membrány nafukuje a vyfukuje plíce. Lze pozorovat také pohyb žeber a pomocných dýchacích svalů.



Obr. 17: Další typy funkčních modelů. Vlevo model nefronu, vpravo model plic. [20], [21]

## 5.4 Přehled cen modelů

Ceny modelů se liší podle složitosti zpracování a technologie výroby. Modely vyrobené technologicky, dle pravých anatomických rozměrů, jsou na vývoj dražší. Také záleží, zda je model rozebíratelný a jak detailně jsou jednotlivé segmenty vyobrazeny. Funkční modely, kde krev v modelu koluje, jsou dražší. U elektrických modelů nejsou ceny zase tak vysoké. Je to především z důvodu výroby těchto výrobků v Číně. Výrobky distribuované renomovanými výrobci jsou podstatně dražší ceny. Je však zřejmé, že tyto výrobky budou zpracovány z kvalitnějšího materiálu. V Tab. 1 je přehled cen jednotlivých modelů, které jsou v předchozí kapitole vyobrazeny.

Tab. 1: Přehled cen modelů

Typ modelu	Číslo obrázku	Cena
Pevný model srdce	Obr. 11	1 684 \$ + poštovné [24]
Pevný model srdce	Obr. 11	949 \$ + poštovné [23]
Pevný model srdce	Obr. 11	460 \$ + poštovné [22]
Model respiračního systému	Obr. 12	13 838 Kč [14]
Model lidského krevního oběhu	Obr. 13	6 512 Kč [15]
Model krevního oběhu	Obr. 14	18 827 Kč [16]
Model krevního oběhu	Obr. 15	869 Kč [17]
Funkční model krevního oběhu	Obr. 16	100 \$ + poštovné [18]
Funkční model krevního oběhu	Obr. 16	655 \$ + poštovné [19]
Funkční model nefronu	Obr. 17	100 \$ + poštovné [20]
Funkční model plic	Obr. 17	100 \$ + poštovné [21]

## 6 Analýza studentských znalostí principu krevního oběhu

Byl vytvořen dotazník, který měl za úkol zmapování studentských znalostí principu krevního oběhu. Dotazník tvořilo 14 otázek, u které byla vždy, jedna správná odpověď. Tvořily ji otázky charakteru, na které by měli být studenti schopni odpovědět.

V průběhu studia biomedicínského technika na Vysoké škole Báňské, jsem se setkával s nepochopením a neznalostí principu krevního oběhu, což je základ, který by měl znát každý student zdravotnicko-technického vzdělání. Zarážející bylo, že neznalosti byly pozorovány u studentů vyššího ročníku. To byla inspirace uvažovat nad tím, proč tomu tak je. Bylo vyslyšeno plno důvodů, např. malá představivost, zmatenost informací ohledně funkčnosti, rozložení orgánu apod.

Z důvodu ověření studentských znalostí byl vytvořen tento dotazník, který je celý uveden níže. Je složen z jednotlivých otázek, na kterou byla vždy jedna správná odpověď ze čtyř.

### 6.1 Účely dotazníku

Celkem se vyplnění dotazníku zúčastnilo 54 studentů, prvního (22 lidí) a druhého (32 lidí) ročníku. U obou skupin došlo k vyplnění dotazníku samostatnou formou. Časový limit nebyl přesně stanoven, vyplněné dotazníky však byly kolem 15 minut. Korespondující tvořilo 32 mužů a 23 žen.

Dotazník slouží ke zmapování studentů, jak porozuměli principu krevního oběhu, které je pro studium zdravotnicko-technického oboru nezbytné.

Model má za úkol prioritně ukázat funkčnost a princip krevního oběhu. Zdůrazňuje jednotlivý tok krve přes dané segmenty (orgány) a její neokysličené/okysličené části. Model nemá reálně přesně zobrazené roztažení cév při toku krve apod., které jsou v reálném těle člověka. Zdůrazňuje zobrazení směru toků a barevné rozlišení okysličené a neokysličené krve.

Model bude sloužit pro lepší představivost funkčnosti krevního oběhu, jak pro studenty vysoké školy, zvláště prvního ročníku, tak pro studenty středních škol. Může však sloužit pro děti, které mají zájem poznat funkčnost krevního oběhu už v dřívějším věku.

Bude tvořen jak reálnou částí modelu, kde bude znázorněn princip krevního oběhu jednotlivými funkčními částmi, tak softwarovou aplikací pro podporu lepšího pochopení funkčnosti.

### 6.2 Skladba dotazníku

Dotazník se skládal z hlavičky, ve které byl student informován, pro jaké účely dotazník slouží. Informace a kontakt o mé osobě. Dále zde studenti označili své pohlaví a ročník.

Následovalo 14 otázek, kde studenti označovali své odpovědi.

## 6.3 Dotazník

Vážení studenti, dovoluji mi obrátit se na Vás s prosbou o vyplnění dotazníku, který slouží k analýze znalostí principu krevního oběhu pro mou diplomovou práci. Jsem studentem posledního ročníku navazujícího studia Biomedicínské inženýrství. V případě jakéhokoliv dotazu mně nváhejte kontaktovat na e-mail: [tholinka@gmail.com](mailto:tholinka@gmail.com). Děkuji za Vaši pomoc, Tomáš Holinka.

Zakroužkujte vždy Vámi vybranou odpověď.

**Pohlaví:** MUŽ x ŽENA

**Ročník:**

1. Na kolik oběhů rozdělujeme krevní oběhovou soustavu člověka?
  - a. Nerozdělujeme
  - b. Na dvě hlavní části
  - c. Na tři hlavní části
  - d. Na více hlavních částí
2. Tepny:
  - a. Vedou krev ze srdce
  - b. Jsou nejtenčí cévy
  - c. Vedou krev do srdce
  - d. Vedou mizu
3. Jaká je primární funkce malém krevním oběhu?
  - a. Přenos kyslíku a živin ke tkáním a orgánům v těle
  - b. Odkysličení krve
  - c. Okysličení krve kyslíkem
  - d. Dodání oxidu uhličitého do krve
4. Jak se také nazývá malý krevní oběh?
  - a. Systémový oběh
  - b. Srdeční oběh
  - c. Nemá speciální pojmenování
  - d. Plicní oběh
5. Velký krevní oběh začíná v:
  - a. aortě a končí v levé síni
  - b. horní a dolní duté žíle a končí v plicní tepně
  - c. levé komoře a končí v pravé síni
  - d. pravé komoře a končí v levé síni
6. Kde se v malém oběhu obohacuje krev o kyslík?
  - a. V srdci
  - b. V plicnicovém kmenu
  - c. V plicích
  - d. V pravé plicní tepně
7. Plicní žíla vede krev:
  - a. Okysličenou ze srdce
  - b. Neokysličenou ze srdce
  - c. Okysličenou z plic
  - d. Neokysličenou z plic
8. Krev je ze srdce rozváděná cévami, které nesou název:
  - a. Mízní cévy
  - b. Vlasečnice
  - c. Žíly
  - d. Tepny
9. Co je plicnice?
  - a. Žilka
  - b. Žíla
  - c. Vlasečnice
  - d. Tepna
10. V levé polovině srdce je krev:
  - a. Smíšená
  - b. Okysličená
  - c. Neokysličená
  - d. Nelze určit
11. Co plicnice vede?
  - a. Plazmu
  - b. Okysličenou krev
  - c. Odkysličenou krev
  - d. Kyslík
12. Správně popsany krevní oběh je:
  - a. Levá komora – srdečnice – tělo – horní a dolní dutá žíla pravá komora
  - b. Srdce – srdečnice – plíce – plicnice – srdce
  - c. Levá síň – srdečnice – tělo – horní a dolní dutá žíla – pravá komora
  - d. Pravá komora – srdečnice – tělo – horní a dolní dutá žíla – levá síň
13. Srdečnice (aorta) je:
  - a. Obal srdce
  - b. Druh vlasečnice
  - c. Největší žíla
  - d. Největší tepna
14. Z pravé komory putuje krev:
  - a. Do tělního oběhu
  - b. Do plicního kmene
  - c. Do pravé předsíně
  - d. Do horní a dolní duté žíly

## 6.4 Rozbor dotazníku

Zde jsou uvedeny správné odpovědi na jednotlivé otázky a stručné odůvodnění, proč byla daná otázka zvolena. Také jsou u některých otázek zahrnuty poznatky, jak si studenti vedli s odpověďmi. Dotazník sloužil pro zmapování studentských znalostí a zjištění, v jakých oblastech krevního oběhu jsou problémy se znalostmi.

### 1. Na kolik oběhů rozdělujeme krevní oběhovou soustavu člověka?

- a. Nerozdělujeme
- b. Na dvě hlavní části**
- c. Na tři hlavní části
- d. Na více hlavních částí

První otázkou bylo zjišťováno, zda mají studenti představu, jak se rozděljuje krevní oběhová soustava. Jedná se o důležitou a základní část pro pochopení principu krevního oběhu. Odpovědi dopadly u této otázky výborně, což značí, že oslovení studenti představu o rozdělení krevního oběhu mají. Celkově bylo evidováno 53 správných odpovědí a 1 špatná odpověď.

### 2. Tepny:

- a. Vedou krev ze srdce**
- b. Jsou nejtenčí cévy
- c. Vedou krev do srdce
- d. Vedou mízu

Otázka byla kladená primárně ke zjištění, k čemu tepny slouží a co vedou. Je důležité, aby studenti měli v tomto jasno, protože se jedná o základní znalosti krevního oběhu a je podstatné vědět, jaký účel tepny splňují. Odpovědi studentů dopadly také dobře. Bylo evidováno 50 správných odpovědí a 4 špatné.

### 3. Jaká je primární funkce malém krevním oběhu?

- a. Přenos kyslíku a živin ke tkáním a orgánům v těle
- b. Odkysličení krve
- c. Okysličení krve kyslíkem**
- d. Dodání oxidu uhličitého do krve

Velice důležitá otázka ke zmapování znalostí funkce malého krevního oběhu. Je důležité vědět, k čemu malý krevní oběh slouží, tedy k okysličení krve kyslíkem. Bylo zjištěno 47 správných odpovědí a 7 špatných.

### 4. Jak se také nazývá malý krevní oběh?

- a. Systémový oběh
- b. Srdeční oběh
- c. Nemá speciální pojmenování
- d. Plicní oběh**

Tato otázka sloužila především ke zmapování a provázanosti s třetí otázkou, kde se zkoumá, zda studenti vědí názvosloví pro malý krevní oběh v odborné sféře. Kdy se s tímto pojmem v odborné praxi setkat. U této otázky odpovědělo správně 48 studentů a špatně 6 studentů.

**5. Velký krevní oběh začíná v:**

- a. aortě a končí v levé síni
- b. horní a dolní duté žíle a končí v plicní tepně
- c. levé komoře a končí v pravé síni**
- d. pravé komoře a končí v levé síni

Další otázka mapuje cestu velkého krevního oběhu. Je důležité znát cestu tohoto krevního oběhu z důvodu vědění, kudy krev putuje. Také je podstatné rozlišovat velký krevní oběh od malého. Odpovědi u této otázky dopadly již hůře. Evidováno bylo 34 správných a 20 špatných odpovědí.

**6. Kde se v malém oběhu obohacuje krev o kyslík?**

- a. V srdci
- b. V plicnicovém kmenu
- c. V plicích**
- d. V pravé plicní tepně

Otázka mapuje odpovědi na to, kde dochází k okysličení krve kyslíkem v malém krevním oběhu. Jedná se o pravou a levou plíci. U této otázky bylo zaznamenáno 44 správných a 10 špatných odpovědí.

**7. Plicní žíla vede krev:**

- a. Okysličenou ze srdce
- b. Neokysličenou ze srdce
- c. Okysličenou z plic**
- d. Neokysličenou z plic

Otázka, u které docházelo, k velkým chybným odpovědím. Zmatenost odpovědí u studentů zřejmě spočívala v mylném přesvědčení, že žíly vedou pouze neokysličenou krev. To však neplatí u plicní žíly, kde proudí krev okysličená. Správných odpovědí bylo u této otázky 30 a špatných 24.

**8. Krev je ze srdce rozváděná cévami, které nesou název:**

- a. Mízní cévy
- b. Vlasečnice
- c. Žíly
- d. Tepny**

Další otázka směřovala na to jak je krev ze srdce rozváděna, neboli kterým typem cév. Výsledné odpovědi u této otázky dopadly dobře, tedy počet správných odpovědí dosáhl čísla 49, špatných odpovědí bylo pouze 5.

**9. Co je plicnice?**

- a. Žilka
- b. Žíla
- c. Vlasečnice
- d. Tepna**

Otázkou co plicnice je, bylo zkoumáno, zda studenti vědí, že se jedná o tepnu i přesto, že vede odkysličenou krev. Odpovědi u této otázky nedopadly dobře. Celkově bylo 25 špatných odpovědí a 29 správných odpovědí.

**10. V levé polovině srdce je krev:**

- a. Smíšená
- b. Okysličená**
- c. Neokysličená
- d. Nelze určit

Velice podstatná otázka byla, jaká krev se nachází v levé polovině srdce. Studenti v této otázce značně chybovali. Jde přitom o základní znalost kardiovaskulárního systému. U této otázky bylo 32 správných a 22 špatných odpovědí.

**11. Co plicnice vede?**

- a. Plazmu
- b. Okysličenou krev
- c. Odkysličenou krev**
- d. Kyslík

Úplně nejhůře dopadly výsledné odpovědi u otázky, co vede plicnice. Jedná se o neokysličenou krev, která vede krev z pravé komory do plic. Jedná se o důležitou znalost z pohledu funkčnosti a lokalizování plicnice. Špatných odpovědí u této otázky bylo 36 a správných pouze 18.

**12. Správně popsaný krevní oběh je:**

- a. Levá komora – srdečnice – tělo – horní a dolní dutá žíla pravá komora**
- b. Srdce – srdečnice – plíce – plicnice – srdce
- c. Levá síň – srdečnice – tělo – horní a dolní dutá žíla – pravá komora
- d. Pravá komora – srdečnice – tělo – horní a dolní dutá žíla – levá síň

U otázky, jak je správně popsaný krevní oběh, se také značně chybovalo. Přitom jde o základní popis krevního oběhu a studenti zdravotnického oboru by jej měli znát. Správně tedy je postup od levé komory, srdečnice, těla a návrat krve do pravé komory (po průchodu pravou síní) skrz horní a dolní dutou žílu. Evidováno bylo 28 správných a 26 špatných odpovědí.

**13. Srdečnice (aorta) je:**

- a. Obal srdce
- b. Druh vlasečnice
- c. Největší žíla
- d. Největší tepna**

Další otázka zjišťovala, zda studenti vědí, jak se nazývá největší tepna v lidském těle, tedy aorta. Odpovědi u této otázky dopadly dobře. U této otázky bylo zjištěno 49 správných odpovědí a 5 špatných odpovědí.

**14. Z pravé komory putuje krev:**

- a. Do tělního oběhu
- b. Do plicního kmene**
- c. Do pravé předsíně
- d. Do horní a dolní duté žíly

Poslední otázka mapovala znalost studentů o putování krve z pravé komory. Konkrétně, kam krev putuje z této komory, tedy do plicního kmene. Nebyly, zde zjištěny ideální odpovědi na tuto otázku. Touto otázkou jde lze vydedukovat, zda studenti ví, kde se plicní kmen nachází. V této poslední otázce bylo celkově 33 správných odpovědí a 21 špatných.

## 6.5 Analýza dotazníku

Celkem byly zahrnuty výsledky od 54 studentů prvního a druhého ročníku oboru Biomedicínský technik na Vysoké škole Báňské v Ostravě. Byli podrobeni dotazníku, který je uveden v předchozí kapitole. Dotazník obsahoval 14 otázek, kde byla vždy jedna správná odpověď. Celkem tedy bylo evidováno 756 odpovědí. Analýza dat proběhla v softwaru MS Office – Excel. Veškeré grafy byly rovněž vytvořeny v tomto softwaru.

### 6.5.1 Sumarizační výsledky

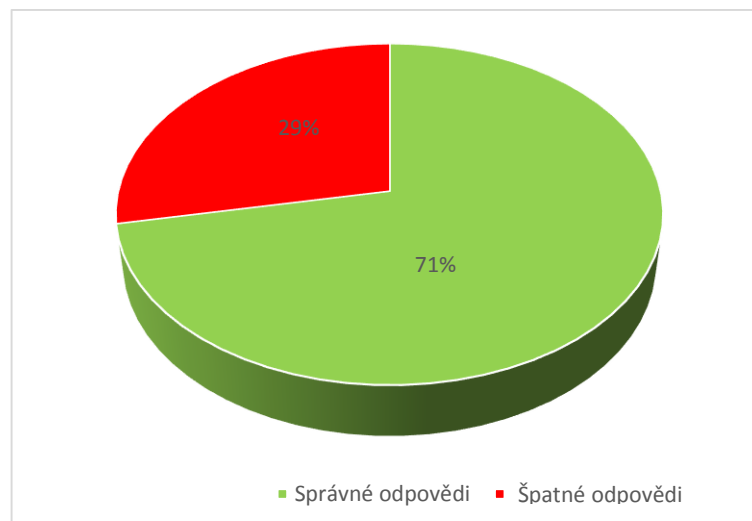
Na Obr. 18 je graf, který zobrazuje celkový počet správných a chybných odpovědí obou ročníků dohromady. Maximální počet správných a špatných odpovědí byl 54. Žádná z otázek tohoto čísla nedosáhla. Nejblíže tomuto výsledku byla první otázka, kde však došlo u jednoho dotazujícího k chybné odpovědi. Lze taky spatřit to, že některé otázky měly vysokou úspěšnost odpovědí, zvláště otázka číslo 1, 2, 3, 4, 6, 13 a některé naopak úspěšnost malou, např. otázka 7, 9, 10, 12, 14. U otázky 11 dokonce převažují špatné odpovědi.



Obr. 18: Graf znázorňující celkový počet správných a špatných odpovědí. Na ose x je počet správných odpovědí, na ose y číslo otázky.

Na následujícím Obr. 19 jsou znázorněny výsledky správných a špatných odpovědí v tzv. koláčovém grafu. Jsou také zaznačeny procentuální hodnoty odpovědí.



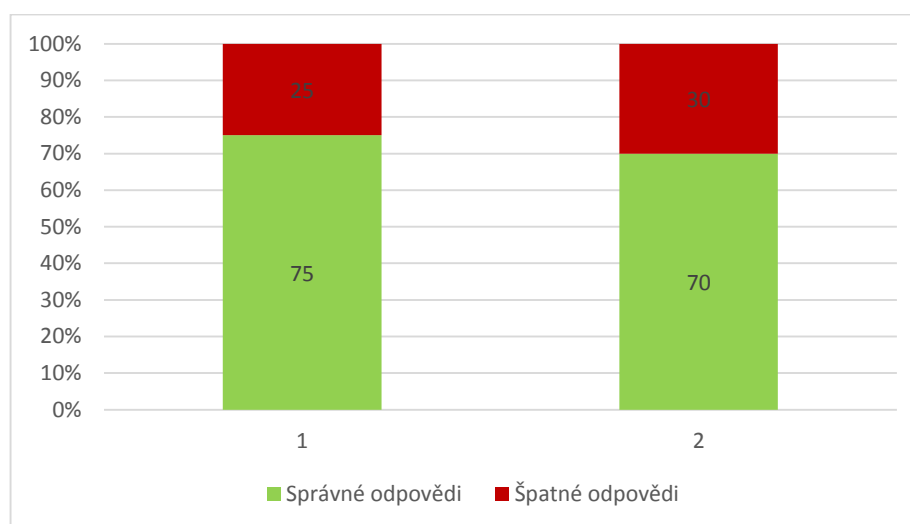


Obr. 19: Graf znázorňující procentuální zastoupení špatných a správných odpovědí.

### 6.5.2 Porovnávací výsledky

Následující graf na Obr. 20 znázorňuje porovnání správných výsledků mezi prvním a druhým ročníkem. Jedná se o graf, který je vyjádřen procentuální interpretací výsledků. Nejdříve byly vypočteny jednotlivé procentuální hodnoty správných a špatných odpovědí pro první a druhý ročník. Následně byly výsledky pro lepší představivost vloženy do grafu.

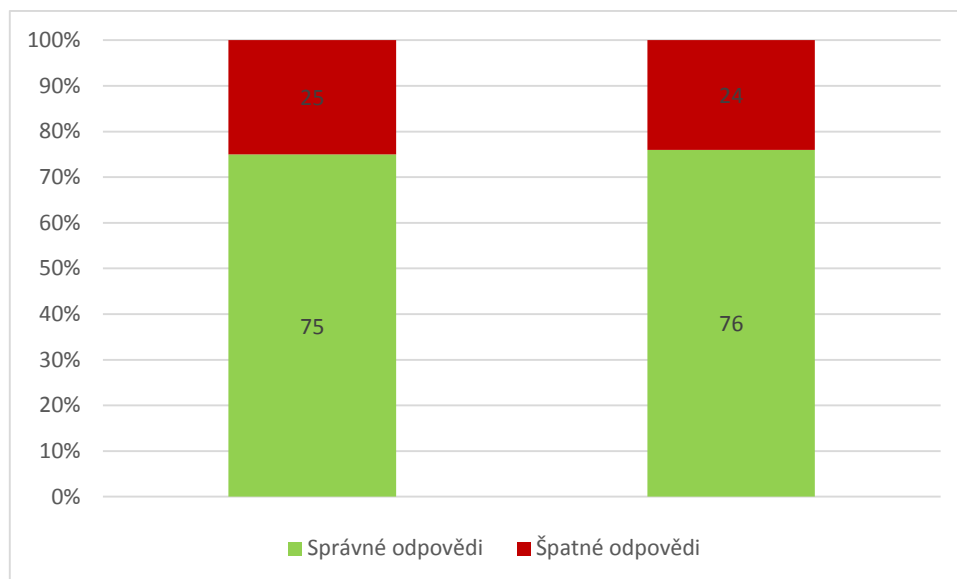
Zajímavostí je, že výsledky druhého ročníku byly horší, než výsledky prvního ročníku o 5 %. Dle mého očekávání (jsem odhadoval) přesně opačný výsledek. I přesto, že většina otázek byla správně zodpovězená, je výsledek 25 % u prvního ročníku a 30 % u druhého ročníku špatných odpovědí. Tento faktor byl považován za motivaci ke zlepšení těchto výsledků u studentů a k vytvoření vhodné pomůcky pro lepší pochopení dané výukové oblasti.



Obr. 20: Procentuální zastoupení odpovědí u prvního a druhého ročníku (osa x).

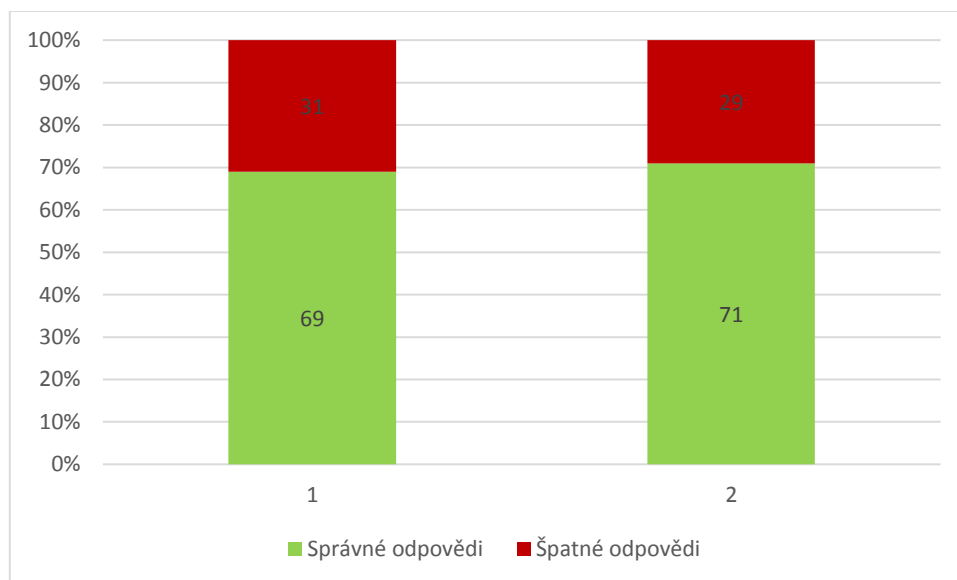
Dalším grafem na Obr. 21 je podobný typ, jako je zobrazen na předchozím obrázku. Jsou zde porovnány výsledky mužů (levý sloupec) a žen prvního ročníku (druhý sloupec). Lze vidět, že jsou

výsledky u obou pohlaví téměř totožné. Ženy odpovídaly o 1 % správněji než muži, což je zanedbatelný výsledek.



Obr. 21: Procentuální zastoupení odpovědí u prvního ročníku u mužů a žen. První sloupec muži, druhý sloupec ženy.

Na Obr. 22 jsou rovněž zobrazeny výsledky správných a špatných odpovědí u mužů a žen. Tentokrát však u druhého ročníku. Výsledky odpovědí jsou horší, než u studentů prvního ročníku. Opět jsou s odpověďmi na tom lépe ženy, které mají o 2 % lepší výsledky.



Obr. 22: Procentuální zastoupení odpovědí u druhého ročníku u mužů a žen. První sloupec muži, druhý sloupec ženy.

### 6.5.3 Zhodnocení výsledků analýzy

Celkově bylo zodpovězeno 14 otázek 54 lidmi, prvního a druhého ročníku. Procentuální zastoupení bylo u správných odpovědí 71 %, u špatných odpovědí 29 %. Na Obr. 18, lze vidět jednotlivé

vou správnost u konkrétních otázek. Některé otázky byly z mého pohledu lehčího charakteru, některé těžšího. U některých otázek docházelo k většímu množství špatných odpovědí. Konkrétně u otázky 11, „Co vede plicnice“, převažoval počet špatných odpovědí nad správnými.

V porovnávací části analýzy bylo zjištěno, že ženy odpovídaly s lepšími výsledky. Překvapivé byly výsledky druhého ročníku, které dopadly hůř, než u prvního ročníku.

Model by mohl být vhodnou doplňující pomůckou pro výuku krevního oběhu pro studenty. Model by zlepšil představivost o funkčnosti celého systému.

# 7 Návrh modelu krevního oběhu

Neveřejná část.

# 8 Realizace modelu malého krevního oběhu

Neveřejná část.

## 9 Zhodnocení dosažených výsledků práce

Neveřejná část.

## 10 Závěr

Cílem diplomové práce bylo vytvoření vhodného modelu malého krevního oběhu pro lepší pochopení principu jeho funkce. Dotazníkem, který jsem vytvořil a nechal odpovědět 54 studentů prvního a druhého ročníku biomedicínského technika VŠB, jsem zjistil jejich znalosti o této tématice.

Výsledky dotazníku (29 % z celkového množství odpovědí bylo chybných) podpořili mou motivaci pro tvorbu vhodného výukového modelu sloužícího k jednoduššímu pochopení principu malého krevního oběhu.

Důležitým faktorem bylo promyšlení modelu, především vizuální stránka a funkčnost modelu. Proto jsem vytvořil prvotní návrh modelu, u kterého jsem během výroby zjišťoval různé komplikace. Některé části jsem z důvodu nepraktičnosti musel odstranit nebo zrušit úplně a nahradit je jinou jednodušší formou. Model se ve výsledku od návrhu tedy liší.

Proces hledání správných komponent nebyl vůbec jednoduchým úkolem, jak se z počátku jevilo. Především bylo těžké vymyslet správný obal pro model. Také zpočátku nebylo jasné, jak vést a upevnit hadičky. Toho jsem nakonec docílil stahovacími plastovými páskami. Předmětem diskuze s vedoucím mé diplomové práce bylo také, jak znázornit dané orgány apod. Dlouhý proces bylo také hledání vhodného připojení čerpadla ke kostce EV3 s proudovou ochranou. Ve výsledku jsem vytvořil malé desky plošných spojů.

Jak již bylo uvedeno výše, cílem práce bylo vytvoření co nejpřehlednějšího a zároveň vizuálně a uživatelsky jednoduchého modelu. Takový model může přispět k tomu, že uživatel zjistí, že si lze oběh malého krevního oběhu podstatně jednoduše představit. Tohoto cíle jsem dosáhl. Vznikl vizuálně přehledný a čistý model.

V průběhu tvorby prvního modelu jsem dospěl k zásadním nápadům, jak model vylepšit. Po finalizaci prvního modelu jsem stále nebyl spokojený, a proto jsem vytvořil model druhý. Neboť první výrobek nesplňoval mé základní představy o přehlednosti prvků a oběhu v modelu. Tento první výrobek byl také poměrně velikostně nevhodný a špatně přemístitelný. Také převládala určitá komplikovanost a složitost výroby.

Tvorbou druhého modelu došlo k výraznému zlepšení výrobního procesu a zjednodušení postupu práce. Nesmírnou výhodou je zmenšení modelu na velikost, která je již vhodná pro manipulaci. Také jsem zvětšil dané repliky orgánů a zlepšil přehlednost modelu, a to i přes jeho celkové zmenšení. Výrobní náklady se na druhou verzi modelu oproti první verzi výrazně snížily. Zefektivnil se také čas výroby.

Hlavní řídicí části modelu je kostka EV3 od firmy Lego. Pomocí softwaru Lego Mindstorms EV3 Home Edition jsem naprogramoval řídicí systém pro čerpadla. Důležité bylo promyslet algoritmus řízení. Uživatel má na výběr zvolit si buď pomalý, nebo rychlý malý krevní oběh a volbu buď kontinuálního režimu, nebo pulsního.

Tak jako během vytváření prvního modelu, tak i po vytvoření druhého modelu mně napadly další inspirace a postřehy, jak tento výrobek ještě zlepšit. Především se jedná o vytvoření podpůrného softwaru k tomuto modelu, který by podporoval pochopení tohoto principu oblasti lidského těla.

Výsledkem je tedy vytvořený model malého krevního oběhu, který jednoduše zobrazuje princip funkce. Během ukázek byli studenti příjemně překvapeni názorností a vizualizací.

# 11 Literatura

- [1] CHLUMSKÝ, Jan. *Plicní funkce pro klinickou praxi*. Praha: Maxdorf, c2014, 228 s. Jessenius. ISBN 978-807-3453-923.
- [2] JIRÁK, Zdeněk. *Fyziologie pro bakalářské studium na ZSF OU*. 2., přeprac. vyd. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Zdravotně sociální fakulta, 2007, 249 s. ISBN 978-80-7368-234-7.
- [3] HORÁČEK, Jaroslav. *Anatomie pro bakalářské studium se zdravotnickým zaměřením*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2006, 113 s. ISBN 80-248-1203-7.
- [4] HOLIBKOVÁ, Alžběta a Stanislav LAICHMAN. *Přehled anatomie člověka*. 4. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2006, 140 s. ISBN 80-244-1480-5.
- [5] MARIEB, Elaine N. *Anatomie lidského těla*. 1. vyd. Brno: CP Books, 2005, 863 s. ISBN 80-251-0066-9.
- [6] Human Lungs grown in lab for the very first time | ContentFy. *ContentFy | Premium Quality Information Website* [online]. 2014 [cit. 2014-12-06]. Dostupné z: [view-source:http://www.contentfy.com/human-lungs-grown-in-lab-for-the-very-first-time/#!/prettyphoto/0/](http://www.contentfy.com/human-lungs-grown-in-lab-for-the-very-first-time/#!/prettyphoto/0/)
- [7] Wallpaper -- National Geographic for Photo Gallery: Lungs. Science and Space Facts, Science and Space, Human Body, Health, Earth, Human Disease - National Geographic [online]. 2014 [cit. 2014-12-06]. Dostupné z: <http://science.nationalgeographic.com/wallpaper/science/photos/lungs/lungs-cast/>
- [8] He Cardiovascular System Explained | HeartZine. *HeartZine* [online]. 2013 [cit. 2014-12-06]. Dostupné z: [http://heartzine.com/news/the\\_cardiovascular\\_system\\_explained.html](http://heartzine.com/news/the_cardiovascular_system_explained.html)
- [9] Krevní oběh | Srdce a cévy | Laik - Kardiochirurgie. *Kardiochirurgie - Laik* [online]. 2009 [cit. 2014-12-06]. Dostupné z: <http://www.kardiochirurgie.cz/krevni-obeh>
- [10] Balek B.: Elektrické biosignály lidského těla měřené ISESem (Veletrh 16, Olomouc 2011) / Sborník Veletrhu nápadů učitelů fyziky. *Veletrh nápadů učitelů fyziky* [online]. 2014 [cit. 2014-12-06]. Dostupné z: <http://vnuf.cz/sbornik/prispevky/16-01-Balek.html>
- [11] HS 4 -Srdce | HELAGO-CZ s.r.o. *HELAGO-CZ s.r.o.* [online]. 2012 [cit. 2014-12-06]. Dostupné z: <http://www.helago-cz.cz/product/hs-4-srdce/>
- [12] HS 8/2 - Stolní model srdce a plic | HELAGO-CZ s.r.o. *HELAGO-CZ s.r.o.* [online]. 2012 [cit. 2014-12-06]. Dostupné z: <http://www.helago-cz.cz/product/hs-82-stolni-model-srdce-a-plic/>
- [13] HS 1 - Srdce | HELAGO-CZ s.r.o. *HELAGO-CZ s.r.o.* [online]. 2012 [cit. 2014-12-06]. Dostupné z: <http://www.helago-cz.cz/product/hs-1-srdce/>
- [14] Model lidského bronchiálního stromu, hrtanu a transparentních plic - modely lidské dýchací soustavy. *Anatomické modely, výuková anatomie - anatomicke-pomucky.cz* [online]. 2014 [cit. 2014-12-06]. Dostupné z: <http://www.anatomicke-pomucky.cz/modely-plic/563-model-lidskeho-bronchialniho-stromu-hrtanu-a-transparentnich-plic.html>



- [15] Model lidské oběhové soustavy - modely lidského vaskulárního systému. *Anatomické modely, výuková anatomie - anatomicke-pomucky.cz* [online]. 2014 [cit. 2014-12-06]. Dostupné z: <http://www.anatomicke-pomucky.cz/modely-srdce-a-obehovy-system/228-model-lidske-obehove-soustavy.html>
- [16] W16001 - Funkční srdeční a oběhový systém | HELAGO-CZ s.r.o. *HELAGO-CZ s.r.o.* [online]. 2012 [cit. 2014-12-06]. Dostupné z: [view-source:http://www.helago-cz.cz/product/w16001-funkcni-srdecni-a-obehovy-system/](http://www.helago-cz.cz/product/w16001-funkcni-srdecni-a-obehovy-system/)
- [17] Model srdce a krevního oběhu | SprávnáHračka.cz. *SprávnáHračka.cz | Hračky a hry pro šikovné a chytré děti* [online]. 2014 [cit. 2014-12-06]. Dostupné z: <http://www.spravnahracka.cz/model-srdce-a-krevniho-obehu/d-196/>
- [18] Model Of Heart Pulse And Blood Circulation (electric Type) - Buy Model Of Heart Pulse And Blood Circulation,Cardiac Beat And Blood Circulation,Model For Blood Circulation Product on Alibaba.com. *Manufacturers, Suppliers, Exporters & Importers from the world's largest online B2B marketplace-Alibaba.com* [online]. 2014 [cit. 2014-12-06]. Dostupné z: [http://www.alibaba.com/product-detail/Model-of-heart-pulse-and-blood\\_334221708.html](http://www.alibaba.com/product-detail/Model-of-heart-pulse-and-blood_334221708.html)
- [19] A16003 Electric Model of Blood Circulation details and price on GetMedicalModel. *Medical Training Models and Medical Simulation Models Online Shop - GetMedicalModel* [online]. 2014 [cit. 2014-12-06]. Dostupné z: <http://www.getmedicalmodel.com/heart-circulatory-models/252-a16003-electric-model-of-blood-circulation.html>
- [20] Dynamic Model Of Urine Path (electric Type) - Buy Dynamic Model Of Urine Path,Model Of Urine Formation Product on Alibaba.com. *Manufacturers, Suppliers, Exporters & Importers from the world's largest online B2B marketplace-Alibaba.com* [online]. 2014 [cit. 2014-12-06]. Dostupné z: [http://www.alibaba.com/product-detail/Dynamic-model-of-urine-path-electric\\_207889033.html](http://www.alibaba.com/product-detail/Dynamic-model-of-urine-path-electric_207889033.html)
- [21] Dynamic Model Of Human Respiratory System (electric Type) - Buy Dynamic Model Of Human Respiratory System,Human Respiration Model Product on Alibaba.com. *Manufacturers, Suppliers, Exporters & Importers from the world's largest online B2B marketplace-Alibaba.com* [online]. 2014 [cit. 2014-12-06]. Dostupné z: [http://www.alibaba.com/product-detail/Dynamic-model-of-human-respiratory-system\\_207842378.html](http://www.alibaba.com/product-detail/Dynamic-model-of-human-respiratory-system_207842378.html)
- [22] SOMSO Heart - bicuspid, tricuspid semilunar and sigmoid valve. *Global Technologies - Anatomical Models, Medical Simulators and Health Education Products.* [online]. 2014 [cit. 2014-12-07]. Dostupné z: <http://www.gtsimulators.com/product-p/hs4.htm>
- [23] Buyamag.com Produce Heart Model :: Cardiac Angiogram :: Catheterization :: Models. *Buyamag Inc Provide Anatomical Models :: Dental Models :: Simulation 800-686-5232* [online]. 2014 [cit. 2014-12-07]. Dostupné z: [http://www.buyamag.com/heart\\_model.php](http://www.buyamag.com/heart_model.php)
- [24] SOMSO Heart - 3 parts. *Global Technologies - Anatomical Models, Medical Simulators and Health Education Products.* [online]. 2014 [cit. 2014-12-07]. Dostupné z: <http://www.gtsimulators.com/SOMSO-Heart-3-parts-p/hs1.htm>
- [25] Home | University of Calgary. *EV3 Programming Sensors | STEM Education* [online]. 2014. [cit. 2015-05-06]. Dostupné z: <http://www.ucalgary.ca/IOSTEM/teachers/ev3-programming-sensors>

- [26] Ke stažení - Mindstorms LEGO.com. 2015. *Domů - LEGO.com* [online]. [cit. 2015-05-06]. Dostupné z: <http://cache.lego.com/r/www/r/mindstorms/-/media/franchises/mindstorms%202014/downloads/user%20guides/user%20guide%20lego%20mindstorms%20ev3%2010%20all%20cs.pdf?l.r=-1136229256>

# 12 Obsah CD

Neveřejná část.